WELLCOME
HISTORICAL MEDICAL LIBRARY
ACCESSION NUMBER
307626
PRESS MARK

Digitized by the Internet Archive
in 2017 with funding from
Wellcome Library

https://archive.org/details/b29824072

I. L. HEIBERG

GESCHICHTE DER MATHEMATIK UND NATURWISSENSCHAFTEN IM ALTERTUM

HANDBUCH DER ALTERTUMSWISSENSCHAFT

BEGRÜNDET VON IWAN VON MÜLLER

HERAUSGEGEBEN VON

WALTER OTTO
ORD. PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

FÜNFTE ABTEILUNG. ERSTER TEIL
ZWEITER BAND

C. H. BECK'SCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG
MÜNCHEN

GESCHICHTE DER MATHEMATIK UND NATURWISSENSCHAFTEN IM ALTERTUM

VON

I. L. HEIBERG

C. H. BECK'SCHE VERLAGSBUCHHANDLUNG
MÜNCHEN

SCIENCE: Mathematics Ancient
MATHEMATICS

Unveränderter Nachdruck der 1925 erschienenen ersten Auflage

Göttingen
QC. M1
WELLCOME HISTORICAL MEDICAL LIBRARY
307b.c

1960
© C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung (Oscar Beck) München
Satz der C. H. Beck'schen Buchdruckerei Nördlingen
Reproduktion Graph. Anstalt E. Wartelsteiner München
Printed in Germany

VORWORT

Im Jahre 1894 ist als Anhang zur zweiten Auflage von Windelbands Geschichte der alten Philosophie der „Abriß der Geschichte der Mathematik und Naturwissenschaften im Altertum“ von S. Günther in zweiter Auflage erschienen. Der Plan des Verfassers, in einer neuen Auflage sein Werk in erweiterter Form herauszugeben — auch das Mittelalter sollte mitberücksichtigt werden —, ist durch seinen Tod nicht zur Ausführung gelangt. An Günthers Stelle hat erfreulicherweise Professor Heiberg in Kopenhagen die Behandlung der wichtigen Materie übernommen. Er hat ein ganz neues Werk, das auch selbständig für sich erscheint, geschaffen; mit dem Güntherschen hat es nur das Thema gemeinsam.

München, im Juli 1925

Der Herausgeber
Walter Otto

INHALT

I. Mathematik 1
II. Astronomie 50
Astrologie 63
Meteorologie 65
Alchymie 66
III. Mechanik 67
IV. Optik 73
V. Musik 79
VI. Geographie und beschreibende Naturwissenschaft 82
Zoologie, Botanik, Mineralogie 88
VII. Medizin 91
Tiermedizin 118

Die griechische Fachwissenschaft, auf die in letzter Linie alle europäische Fachwissenschaft zurückgeht, stammt von den Ioniern her, die ihren Wissensdrang in dem Nationalhelden Odysseus verkörpert haben, und von deren realistischer Gesinnung und scharfer Beobachtung die homerischen Gedichte Zeugnis ablegen. Ihre Berührungen mit der alten Kultur in Ägypten und Mesopotamien können ihnen höchstens Anregungen gegeben und Material geliefert haben; Wissenschaft daraus zu machen, vermochte der von der Religion gebundene Orient nicht; das konnte erst das geistesfreie Ionien.

Die milesische Naturphilosophie[1] schob die mythisch-priesterlichen Kosmogonien, wie sie uns z. B. in der hesiodeischen Theogonie vorliegen, ganz beiseite und suchte kühn die Entstehung der Welt aus materiellen Ursachen und Vorgängen zu erklären. Der Schulstifter Thales nahm als Grundstoff das Wasser an, sein Schüler Anaximandros ersetzte es vorsichtig mit „τὸ ἄπειρον“, während sein Nachfolger Anaximenes wieder an ein reales Element zurückkehrte, die Luft, bei der er die für den Grundstoff notwendigen Eigenschaften des ἄπειρον wiederfand, und durch deren Verdichtung und Verdünnung er die Entstehung der Einzeldinge erklären zu können meinte. Auf demselben Wege ging der originale Denker Herakleitos[2] aus Ephesos weiter; er dachte sich als Grundstoff das ewig bewegte Feuer.

Natürlich ist bei diesen alten Denkern manches kindlich und phantastisch, wenn sie auch öfters durch geniale Gedanken überraschen; so findet man bei Anaximandros, wenn auch in barocker Form, eine Theorie der Entstehung der Menschen, die an Darwin erinnert (Fr. 30), und Herakleitos kommt dem Begriffe des Naturgesetzes nahe. Aber auch davon abgesehen, haben sie der Forschung überhaupt Bahn gebrochen, und ihre Lehre enthielt Keime, woraus sich bald Mathematik, Astronomie und Geographie selbständig entwickelten. Nur die Physik blieb zu ihrem Nachteil in den Händen der Philosophen, so daß nur ihre der Mathematik zugewandte Seite, die Mechanik, eine Ausbildung wie die der übrigen Fachwissenschaften erfuhr.[3]

I. Mathematik

Die älteren Gesamtdarstellungen der Geschichte der Mathematik sind völlig überholt durch den Aufschwung dieser Studien in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, eingeleitet von M. Chasles,[4] wesentlich gefördert durch Moritz Cantor, der in der Z(eitschrift für) M(athematik und) Ph(ysik) eine besondere „historisch-literarische Abteilung“ einrichtete (seit 1875) und als Beihefte dazu „Abh(andlungen) (zur) G(e-

[1] Die Belegstellen bei H. Diels, Die Fragmente der Vorsokratiker[3], Berlin 1912, I S. 1–27.

[2] Ebd. S. 67—102.

[3] P. Tannery, Pour l'histoire de la science hellène. De Thalès à Empédocle. Paris 1887.

[4] Aperçu historique sur l'origine et le développement des méthodes en Géométrie, particulièrement de celles qui se rapportent à la Géométrie moderne, Bruxelles 1837 (deutsche Uebersetzung von Sohncke, Halle 1839).

schichte der) Math(ematik)“ erscheinen ließ (seit 1877), beides seit 1900 ersetzt durch B(ibliotheca) M(athematica) (herausgegeben von G. Eneström), dritte Folge (die beiden ersten Folgen 1884–86 und 1887—99 von geringerem Umfang und ursprünglich mehr bibliographisch). Daneben ist zu nennen: Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche (Rom 1868—87), herausgegeben von dem Fürsten Boncompagni.

Die Ergebnisse des erneuten Studiums der Quellen wurden von M. Cantor zusammengestellt in seinen „Vorlesungen über Geschichte der Mathematik“ I³ (Leipzig 1907). Das verdienstvolle Werk ist leider nicht auf dem laufenden erhalten; über den heutigen Stand der Forschung orientieren besser: E. Hoppe, Mathematik und Astronomie im klassischen Altertum, Heidelberg 1911, eingehender G. Loria, Le scienze esatte nell' antica Grecia (² Milano 1914), und Th. Heath, A history of Greek mathematics (I—II, Oxford 1921). Vom Standpunkt des Mathematikers gibt einen ausgezeichneten Ueberblick über die Entwicklung der mathematischen Gedanken H. G. Zeuthen, Geschichte der Mathematik im Altertum und Mittelalter (Kopenhagen 1896).

Die Geschichte der exakten Wissenschaften wurde schon im Altertum behandelt von Eudemos, Schüler des Aristoteles. Auch Geminos gab in seiner Systematik der mathematischen Wissenschaften manche historische Notiz. Auf sie geht wahrscheinlich zurück, was uns an geschichtlichen Nachrichten bei Proklos, Simplikios und Eutokios erhalten ist. Das wichtige Werk des Pappos zeigt, wie viel mehr, als wir jetzt haben, noch im 3. Jahrhundert im Unterricht in Gebrauch war von der Fachliteratur der Blütezeit.[1]

1. An der Spitze der Geschichte auch der Mathematik nannten die Griechen selbst Thales, dem eine Reihe geometrischer Sätze zugeschrieben wird, obgleich er nichts Schriftliches hinterließ. Wie es damit zusammenhängt, verrät eine Bemerkung des Proklos zu Euklid I 26 (Kongruenz zweier Dreiecke, die zwei Winkel und eine Seite gleich haben): *Εὔδημος δὲ ἐν ταῖς Γεωμετρικαῖς ἱστορίαις εἰς Θαλῆν τοῦτο ἀνάγει τὸ θεώρημα· τὴν γὰρ τῶν ἐν θαλάττῃ πλοίων ἀπόστασιν δι' οὗ τρόπου φασὶν αὐτὸν δεικνύναι, τούτῳ προσχρῆσθαί φησιν ἀναγκαῖον.* Man hatte also eine Tradition darüber, daß Thales die genannte praktische Aufgabe gelöst hatte, und daraus schloß Eudemos, daß er die dazu nötigen theoretischen Kenntnisse voll besessen habe. Wir schließen vorsichtiger, daß er aus Ägypten die praktische Lösung mitgebracht hat, woraus gar nicht folgt, daß er die exakte Begründung kannte, geschweige denn das dazu erforderliche System der Elementargeometrie. In dieselbe Erklärung fügen sich ungezwungen die übrigen ihm zugeschriebenen geometrischen Kenntnisse, wie auch seine Voraussagung der Sonnenfinsternis vom 28. Mai 585 nur beweist, daß er astronomische Tafeln der Babylonier und ihre Handhabung kannte. Aber als Anregung werden diese aufsichterregenden Fertigkeiten schon kräftig gewirkt haben.

2. Als die Aufmerksamkeit auf das neue Gebiet gelenkt war, konnte es bei der Veranlagung der Griechen für abstraktes Denken und strenge Logik nicht lange dauern, ehe eine wirkliche Wissenschaft daraus entstand. Das ist nach dem einstimmigen Zeugnis des Altertums[2] die Tat der Pythagoreer, und wenn auch die Geheimnistuerei der Schule und der mystische Nebel, worin die Gestalt des Meisters bald verschwamm, es

[1] P. Tannery, La géométrie grecque, comment son histoire nous est parvenue et ce que nous en savons, Paris 1887. Die Annahme einer pythagoreischen Quellenschrift (S. 81) beruht auf falscher Uebersetzung von Iamblichos, vit. pythag. 89. Eudemi Rhodii fragmenta coll. L. Spengel, Berolini 1866. Max C. P. Schmidt, Geminos, Phil. XLII S. 82 ff., XLV S. 63 ff. Tittel, De Gemini Stoici studiis mathematicis quaestiones philologae, Lipsiae 1895.

[2] Proklos in Eucl. p. 65 (Friedlein): *ἐπὶ δὲ τούτοις* [Thales und dem sonst unbekannten Bruder des Stesichoros] *Πυθαγόρας τὴν περὶ αὐτὴν* [die Geometrie] *φιλοσοφίαν εἰς σχῆμα παιδείας ἐλευθέρου μετέστησεν ἄνωθεν τὰς ἀρχὰς αὐτῆς ἐπισκοπούμενος καὶ ἀύλως καὶ νοηρῶς τὰ θεωρήματα διερευνώμενος.*

unmöglich machen, den eigenen Anteil des Pythagoras zu bestimmen,[1] beweist doch das älteste mathematische Dokument, das wir besitzen, die Mondquadraturen des Hippokrates, daß schon in der ersten Hälfte des 5. Jahrhunderts bedeutende Ergebnisse erreicht waren, und die müssen den Pythagoreern vindiziert werden und stimmen vollkommen zu den erhaltenen direkten Nachrichten.

Da Pythagoras, wahrscheinlich veranlaßt durch die Entdeckung der Abhängigkeit der Töne von einfachen Zahlenverhältnissen, das Wesen der Dinge in der Zahl erblickte, hat ohne Zweifel anfangs die Arithmetik im Vordergrund des Interesses seiner Schule gestanden. Zwar verlief sie sich bald in mystisch-phantastische Zahlenspekulationen, aber daneben hat sie viele wichtige zahlentheoretische Sätze gefunden und u. a. die Proportionslehre ausgebidet. Beim weiteren Vordringen stießen die Pythagoreer aber bald auf irrationale Größen.[2] Der in einem Zusatz zu Euklids Elem. X erhaltene Beweis dafür, daß der Durchmesser eines Quadrats mit dessen Seite inkommensurabel ist, d. h. für die Irrationalität von $\sqrt{2}$, darf ihnen zugeschrieben werden (Euclidis Opp. III p. 408).[3] Dadurch wurde ihre Proportionslehre, die bisher nur mit Verhältnissen ganzer Zahlen operierte, für allgemeine Größen unbrauchbar, und sie wurden gezwungen, ihrer Algebra geometrische Form zu geben. Was wir durch die Gleichung $(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2$ ausdrücken, bewiesen sie geometrisch durch nebenstehende Figur (Fig. 1). Die Differenz der Quadrate $(a + b)^2$ und a^2 (schraffiert) nannten sie *γνώμων* (Richtmaß, Winkelmaß, s. Euklid, Elem. II def. 2). Die Gleichungen $ax \pm x^2 = b^2$ lösten die Pythagoreer durch das sogenannte Flächenanlegen (*παραβολή*, Proklos in Eucl. p. 419 nach Eudemos). Es sei die Aufgabe, an eine gegebene Gerade AD (a) ein Rechteck AF, das einem gegebenen Quadrat (b^2) gleich ist, so anzulegen, daß das fehlende oder überschießende Areal DF ein Quadrat (x^2) wird. Die Figur (Fig. 2) gibt den ersteren Fall (*ἔλλειψις*, der zweite heißt *ὑπερβολή*). Wenn AB = BD, sieht man leicht, daß Rechteck AF = Gnomon BDHGFE $= \left(\frac{a}{2}\right)^2 \div \left(\frac{a}{2} \div x\right)^2 = ax - x^2 = b^2$, woraus $\frac{a}{2} \div x$ und die Quadratseite x gefunden werden können.

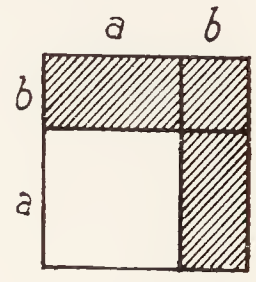

Fig. 1

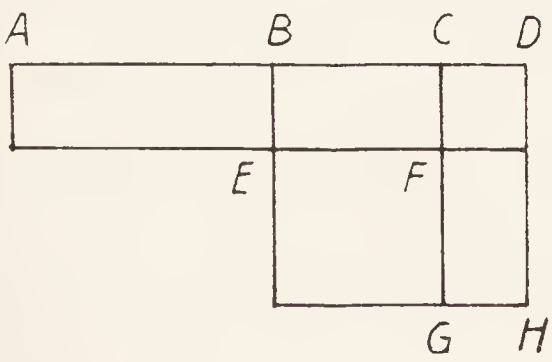

Fig. 2

Auf diese Weise hatten die Pythagoreer die Gleichungen zweiten Grades vollständig bemeistert.[4] Auch der berühmte pythagoreische Lehrsatz hat ebensowohl algebraische als geometrische Geltung. Er war ohne Zweifel schon früher in Einzelfällen bekannt; aber Pythagoras hat ihn verall-

[1] Schon Aristoteles spricht vorsichtigerweise lieber von „den Pythagoreern“ als von Pythagoras.

[2] Zeuthen, O(versigt over det k.) D(anske) V(idenskabernes) S(elskabs Forhandlinger) 1915 S. 333–62. (Auseinandersetzung mit den anregenden, aber in Verwerfung der Tradition zu weit gehenden Arbeiten von G. Junge und H. Vogt, verzeichnet ebd. S. 333.)

[3] Aristoteles 41a 24; 50a 37.

[4] P. Tannery, M(émoires) sc(ientifiques) I (Toulouse-Paris 1912) S. 254–80.

gemeinert; seinen Beweis kennen wir nicht. Auch kannten die Pythagoreer eine Formel zur Auffindung rationaler Zahlen für die Seiten eines rechtwinkligen Dreiecks (Heron, Geometr. 8, Proklos in Eucl. p. 428), d. h. eine Lösung der unbestimmten Gleichung $x^2 + y^2 = z^2$ für ganze Zahlen; wenn x eine ungerade Zahl ist, befriedigen $y = \frac{x^2 \div 1}{2}$ und $z = \frac{x^2 + 1}{2}$ die Gleichung.

Die sonstigen Nachrichten über die Plangeometrie der Pythagoreer erlauben den Schluß, daß ihr Lehrgebäude die elementaren Sätze über Parallelen,[1] Dreiecke, Vierecke und Vielecke[2] umfaßte, z. T. auch über den Kreis. In der Stereometrie waren sie weniger vorgeschritten, hatten aber doch die fünf regulären Körper gefunden und empirisch konstruiert durch Zusammenlegung von Winkeln[3] und über die Kugel die einfachsten Sätze formuliert. Sie hatten gewiß auch den streng logischen Aufbau der Beweise, der seitdem die griechische Mathematik auszeichnet, wenigstens vorgebildet. Auch zur mathematischen Theorie der Töne hatten sie den Grund gelegt; dieser Teil der Musiktheorie gehört seitdem zum Gebiet der Mathematik.

Die Notwendigkeit der Exaktheit wurde besonders nahegelegt durch die scharfe Kritik einer benachbarten Philosophenschule, der eleatischen. In seinen Paradoxen, wodurch er die Realität der Bewegung widerlegen wollte, benutzte Zenon[4] die Schwierigkeiten der Begriffe „kontinuierlich“ und „unendlich“ in scharfsinniger Weise, und die Wirkung war so nachhaltig, daß die Mathematiker fortan den Begriff des Unendlichen in ihren Beweisen völlig mieden, und die Pythagoreer von den Beweisen durch Zahlen weg auf die allgemeinen Größen gedrängt wurden.

3. Die Ergebnisse der pythagoreischen Plangeometrie wurden in der zweiten Hälfte des 5. Jahrhunderts durch Hippokrates von Chios in dem ersten Lehrbuch zusammengefaßt (Proklos in Eucl. p. 66), und Mathematik wurde fortan Unterrichtsgegenstand bei der höheren Ausbildung, die von den Sophisten vermittelt wurde. Platon läßt (Protag. 318e) den Protagoras mit Hinblick auf Hippias sich mißbilligend darüber äußern, daß seine Konkurrenten die Jugend plagen mit „Berechnungen, Astronomie, Geometrie und Musik“ — den vier Teilen der Mathematik nach der pythagoreischen Einteilung,[5] die im ganzen Altertum kanonisch blieb —, und Hippias selbst mit seiner Kenntnis der Logistik, Geometrie und Astronomie renommieren (Hipp. min. 366c ff.). Platon selbst hatte als Lehrer der Mathematik Theodoros von Kyrene (Diog. III 6), der auch in Athen Unterricht gegeben hatte.[6] Theodoros hatte die Behandlung der irrationalen Größen da wieder

[1]) Ihr von Eudemos (Proklos in Eucl. p. 379) erhaltener Beweis für die Winkelsumme des Dreiecks beruht auf den Eigenschaften der Parallellinien.

[2] Sie scheinen sogar das regelmäßige Fünfeck konstruiert zu haben; das Pentagramm war ihr Symbolum (Lukian, Pro lapsu 5).

[3]) Wie in Platons „Timaios“. Sie wußten, daß außer dem Quadrat nur der Winkel des regulären Drei- und Sechsecks die Ebene um einen Punkt ausfüllen (Proklos in Eucl. p. 304).

[4] Diels, Vorsokr. I³ S. 170 ff.

[5] Archytas fr. 1 Diels.

[6] Er tritt auf in Platons Dialogen „Theaitetos“, „Sophistes“ und „Politikos“. Xenophon nennt ihn als Typus eines Mathematikers (Memorab. IV 2, 10). Vgl. Proklos in Eucl. p. 66.

aufgenommen, wo die Pythagoreer sie hatten fallen lassen, und die Irrationalität von $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$ usw. bis $\sqrt{17}$ einzeln bewiesen (Platon, Theait. 147d), und Theaitetos führte seine Untersuchungen weiter.[1]

4. Sonst war das Interesse der Mathematiker von drei Problemen nichtelementarer Art in Anspruch genommen, die als anscheinend natürliche Erweiterungen des bisher Erreichten sich von selbst stellten, und deren Unlösbarkeit durch die sonst erprobten Mittel man bald, gewiß zu seiner Verwunderung, erkannt hatte: Dreiteilung des Winkels, Quadratur des Kreises und Verdoppelung des Würfels.

Der Sophist Hippias von Elis[2] hat eine besondere Kurve angegeben, wodurch die beiden zuerst genannten Probleme gelöst werden konnten; sie tritt unter dem Namen *ἡ τετραγωνίζουσα* auf,[3] ob aber Hippias selbst sie so benannt hat, ist unsicher, und unsre Überlieferung[4] gestattet nicht eine sichere Entscheidung darüber, für welches der zwei Probleme Hippias seine Kurve erfunden und zuerst verwendet hat. Aber jedenfalls hat er damit als erster den Weg betreten, der zur höheren Geometrie führte.

Die Quadratur des Kreises beschäftigte auch damals die Dilettanten. Das Problem war in Athen so bekannt, daß Aristophanes darauf hindeuten konnte als Beispiel des mathematischen Aberwitzes („Vögel“ 1004 f.). Jemand glaubte es dadurch gelöst zu haben, daß er eine Quadratzahl aufwies, die zugleich „kyklisch“ war (z. B. $36 = 6^2 = 1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11$, Simplikios in Aristot. Phys. p. 58 f. nach Alexandros). Das ist ja nur Spielerei; in den Quadraturen dagegen, die von dem Sophisten Antiphon und einem sonst unbekannten Bryson herrühren, kann man bei einigem guten Willen wertvolle mathematische Gedanken finden, bei Antiphon[5] die Auffassung des Kreises als ein Vieleck mit unendlich vielen Seiten, bei Bryson[6] die Annäherung zur Kreisperipherie durch umschriebene und eingeschriebene Vielecke. Aber Aristoteles bezeichnet beide Quadraturen als bloße Sophismen (Phys. 185a; Soph. el. 172a — Anal. post. 75b; Soph. el. 171b, 172a).

5. Die Würfelverdoppelung hat der oben genannte Hippokrates auf die Aufgabe zurückgeführt, zwei mittlere Proportionalen zu finden (Proklos in Eucl. p. 213). Wenn nämlich $\frac{a}{x} = \frac{x}{y} = \frac{y}{2a}$, ist $x^3 = 2a^3$, d. h. x ist die Kante des Würfels, der doppelt so groß ist als der Würfel a^3. Von dieser Aufgabe hat der Pythagoreer Archytas eine sehr scharfsinnige Lösung gegeben (erhalten bei Eutokios zu Archimedes, De sph. et cyl. II 1, aus Eudemos); er benutzt die Durchdringungskurve eines Zylinders und eines Kegels und zeigt sich mit der Handhabung geometrischer Örter völlig vertraut.

[1] Eva Sachs, De Theaeteto Atheniensi mathematico, Berolini (Diss.) 1914. Vgl. den anonymen Commentar zu Platons Theaetet Berliner Klassikertexte II (1905) S. 18 ff.

[2] Ein Grund, einen Homonymen anzunehmen, liegt nicht vor.

[3] Beschrieben von Pappos IV 45 ff. (als benannt von Deinostratos und Nikomedes).

[4] Proklos in Eucl. p. 356: *τί τὸ σύμπτωμα* (die definierende Gleichung), *δείκνυσι* . . . *ὁ Ἱππίας ἐπὶ τῶν τετραγωνιζουσῶν*, p. 272: *ἕτεροι δὲ ἐκ τῶν Ἱππίου καὶ Νικομήδους τετραγωνιζουσῶν πεποιήκασι τὸ αὐτό* (von der Dreiteilung des Winkels).

[5] Die etwas abweichenden Berichte des Simplikios und des Themistios bei Diels, Vorsokr. II³ S. 294 f.

[6] Die Belegstellen bei Bretschneider, Die Geometrie und die Geometer vor Euklides, Leipzig 1870, S. 126 f.

Die Würfelverdoppelung, die noch lange die Mathematiker beschäftigt hat, ist unter dem Namen des „delischen Problems“ bekannt (Pappos VIII 25); nach einer verbreiteten Tradition[1] soll nämlich das Problem aktuell geworden sein durch eine Anfrage der Delier bei Platon, wie sie dem Befehl des delphischen Orakels, einen kubischen Altar zu verdoppeln, nachkommen sollten. Die Aufgabe ist jedenfalls älter und liegt in der direkten Fortsetzung der pythagoreischen Mathematik.

6. Das Problem der Kreisquadratur war für Hippokrates der Anlaß zu einer höchst originellen und interessanten Untersuchung über die sog. „Möndchen“ (*μηνίσκοι*, d. h. Figuren durch zwei nach derselben Seite konvexen Kreisbogen gebildet). Der Bericht des Eudemos ist uns von Simplikios (zur Physik des Aristoteles 185a 14) erhalten, allerdings nur im Auszug und mit eigenen Bemerkungen durchschossen, das älteste Dokument griechischer Mathematik, vom höchsten Wert sowohl an sich als wegen der Rückschlüsse auf den Stand der Mathematik, die es erlaubt.[2] Hippokrates hatte gefunden, daß ein von einem Halbkreis (AEB) und einem Bogen zu 90° (AFB) begrenztes Möndchen (auf der Figur 3 schraffiert) der Hälfte des im Halbkreis eingeschriebenen gleichschenkligen Drei-Dreiecks (ABC) gleich ist; denn nach dem von ihm selbst bewiesenen Satz, daß Kreise sich wie die Quadrate ihrer Durchmesser verhalten, und dem pythagoreischen Lehrsatz ist der Halbkreis AEB dem Viertelkreis AFBC gleich, also, da Segment AFB gemeinsam ist, das Möndchen = △ ABC. Es ist begreiflich, daß diese Entdeckung einer quadrierbaren krummlinigen Figur zu weiteren Versuchen reizen mußte. Hippokrates hat noch zwei quadrierbare Möndchen gefunden, deren äußere Bogen je größer und kleiner als ein Halbkreis sind, und dann noch ein drittes, das, zu einem Kreis addiert, eine quadrierbare Figur ergab. Der letzte Satz beweist, daß die Möndchen für Hippokrates nicht Selbstzweck waren, sondern nur Mittel zur Quadratur des Kreises. Da er die drei möglichen Haupttypen der Möndchen nach dem Verhältnis des äußeren Bogens zum Halbkreis unterscheidet, mag er geglaubt haben, jedes Möndchen quadrieren zu können und somit auch den Kreis (nach Abzug des im letzten Satz zu einem Kreis addierten). Das ist die Ansicht des Simplikios (S. 69, 12 ff.) und, wie es scheint, auch des Eudemos (S. 60. 22 ff.), wenn er sich auch kaum ganz bestimmt ausgedrückt hat, und Aristoteles legt jedenfalls dem Hippokrates einen Fehlschluß zur Last.[3] Die heutigen Mathematiker sträuben sich

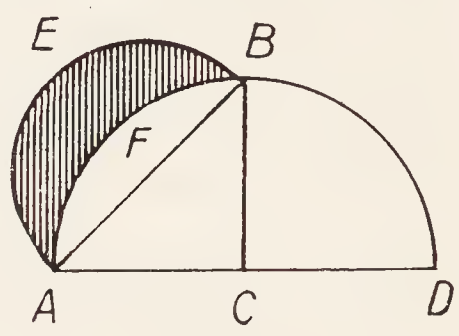

Fig. 3

[1] [Pseudo-]Eratosthenes bei Eutokios in Archim. III p. 88 f.; Theon Smyrn. ed. Hiller S. 2 nach dem *Πλατωνικός* des Eratosthenes; Plutarch, De E ap. Delph. 6, De gen. Socr. 7; Ioannes Philop. in Arist. Anal. post. 75 b 12.

[2] Zuerst ausgenutzt von Bretschneider in dem oben angeführten Buch; neueste Behandlung: Rudio, Der Bericht des Simplicius über die Quadraturen des Antiphon und des Hippokrates, Leipzig 1907. Darin auch ein Verzeichnis der Literatur.

[3] Soph. el. 171 b 15 (*ψευδογράφημα*) *οἷον τὸ Ἱπποκράτους ἢ ὁ τετραγωνισμὸς ὁ διὰ τῶν μηνίσκων.* Auf demselben Fehler beruht die von Alexandros bei Simplikios (S. 56 f.) referierte Pseudoquadratur mittels des Möndchens auf der Sechseckseite, die Aristoteles hier wahrscheinlich mit *ὁ διὰ τῶν μηνίσκων* meint, während *ὁ διὰ τῶν τμημάτων* (Phys. 185 a 16), den er ebenfalls als falsch bezeichnet, der oben genannte Schlußsatz des Hippokrates ist.

zwar ziemlich einstimmig, einem so vortrefflichen Kollegen wie Hippokrates einen solchen Schnitzer zuzutrauen, und nehmen lieber ein Mißverständnis des Aristoteles an; das wirkt aber wenig überzeugend, wenn man bedenkt, welche Sophismen gerade damals debitiert werden konnten. Aber dadurch wird die Anerkennung der mathematischen Leistung des Hippokrates nicht im geringsten geschmälert. Die zum Teil recht schwierigen Beweise sind mit glänzendem Scharfsinn durchgeführt und bezeugen die schon erreichte bedeutende Höhe des mathematischen Wissens und Verständnisses. Danach muß das Lehrbuch des Hippokrates alle wesentlichen Sätze der plangeometrischen Bücher des Eukleides (I—IV, VI) enthalten haben. Dagegen ließ der systematische Aufbau und die feste Fügung der Beweise ohne Zweifel noch zu wünschen übrig; es liegt in der Natur der Sache, daß eine junge Wissenschaft zunächst auf neue Errungenschaften aus ist und erst, wenn ein gewisser Abschluß erreicht ist, der Form die gebührende Aufmerksamkeit zuwendet.

7. Diesen Schritt hat für die Mathematik Platon getan, dessen Schriften nicht nur von seinen mathematischen Kenntnissen zeugen, sondern vor allem von seiner Wertschätzung der Mathematik als Propädeutik für die Philosophie.[1] Ihre übersinnliche Natur wird eindringlich hervorgehoben; sie erhebt die Seele über das zufällige Konkrete und zwingt sie, der abstrakten Wahrheit durch das reine Denken zuzustreben; im Vergleich damit ist der praktische Nutzen, den sie nebenbei gewährt, gering zu schätzen (Respubl. VII 525 ff.); praktische Erzeugnisse überläßt sie den andern *τέχναι* und beschränkt sich auf *τὸ γνῶναι* (Politic. 258 d). Selbst den Unbegabten macht sie geistig fähiger; ihr Studium ist daher in einem wohlgeordneten Staate unerläßlich (Respubl. VII 526 b, 527 c). Als die nächste Analogie zum philosophischen Denken liefert die Mathematik oft die für eine logische Untersuchung nötigen Beispiele (wie z. B. Menon 82 b ff.).

Über die Notwendigkeit von festen und scharfen Definitionen als Grundlage des ganzen Gebäudes (*ὑποθέσεις*) ist Platon völlig im klaren (Respubl. VII 510 c ff., Epp. VII 342 a ff.); die Mathematik ist darin vorbildlich, nur daß sie nicht wie die Dialektik über ihre eigenen Voraussetzungen Rechenschaft geben kann (Respubl. VII 533 b f.). So spielt er öfters auf mathematische Definitionen an (die richtige Einteilung der Zahlen in gerade und ungerade Politic. 262 d f., Definition der geraden Zahl als *μὴ σκαληνὸς ἀλλ' ἰσοσκελής* Euthyph. 12 d, als *ἀριθμὸς διαιρούμενος εἰς ἴσα δύο μέρη* Legg. X 895 e, die Einteilung in *ἄρτιοι ἀρτιάκις, περιττοὶ περιττάκις, ἄρτιοι περιττάκις* und *περιττοὶ ἀρτιάκις* Parmenid. 143 d ff.); er läßt den Sokrates Anleitung geben zur Definition der Figur (*σχῆμα*) als *στερεοῦ πέρας* (Men. 75) und gibt auch selbst Definitionen an, so (Parmenid. 137 e) von *στρογγύλον* (*οὗ ἂν τὰ ἔσχατα πανταχῇ ἀπὸ τοῦ μέσου ἴσον ἀπέχῃ*) und *εὐθύ* (*οὗ ἂν τὸ μέσον ἀμφοῖν τοῖν ἐσχάτοιν ἐπίπροσθεν ᾖ*) und vom Punkt als *ἀρχὴ γραμμῆς* (kritisiert von Aristoteles, Metaph. 992 a 20 ff.). Mit den Problemen,

[1] H. Hankel, Zur Geschichte der Mathematik in Alterthum und Mittelalter, Leipzig 1874, S. 127 ff. P. Tannery, MSc. V (Paris-Toulouse 1924) S. 1 ff.: L'éducation Platonicienne, Tableau des sciences mathématiques au temps de Platon. Stellensammlung bei Heath a. O. I S. 294—308. — Proklos in Eucl. p. 66.

die auf der Tagesordnung waren, zeigt er sich vertraut; auf die zwei mittleren Proportionalen spielt er mit vollem Verständnis an (Tim. 31 b ff.), und die Tradition (Eutokios zu Archim. III S. 56 f.) schreibt ihm sogar ein Instrument zu deren mechanischer Konstruktion zu, was allerdings seiner Auffassung der Mathematik schnurstracks zuwiderläuft;[1] Eratosthenes wußte, wie wir sehen werden, nichts von einer solchen Erfindung Platons. Inkommensurable Größen (*ἄρρητα*) erwähnt er als ein geläufiges Beispiel (Hipp. ma. 303 b), und daß er sich für die darauf bezüglichen Leistungen des Theaitetos und des Theodoros interessierte, wurde oben bemerkt. Der scharfe Tadel der „schweinischen“ Gesinnung seiner Landsleute gilt vor allem ihrer Gleichgültigkeit dieser Frage gegenüber (Legg. VII 819). Es ist sicher kein Zufall, daß Eudoxos von Knidos,[2]) der nach einer Lernzeit bei den Pythagoreern in reiferem Alter mit Platon in Verbindung getreten war, durch eine Neugestaltung der Proportionslehre die Schwierigkeit, welche die Inkommensurabilität bisher bereitet hatte, überwand und dadurch die Anwendung der Proportionen in der exakten Geometrie wieder ermöglichte; seine Definition ist erhalten bei Euklid V Def. 5:[3] wenn a, b, c, d allgemeine Größen, m und n beliebige ganze Zahlen sind, ist die Bedingung für $a:b = c:d$, daß gleichzeitig $ma \gtreqless nb$ und $mc \gtreqless nd$. Vielleicht wird es ebenfalls einer Anregung Platons verdankt, wenn Eudoxos auch zur Lösung des delischen Problems eine Kurve erfand (*διὰ καμπύλων γραμμῶν*);[4] leider hat Eutokios sie weggelassen, weil er nur eine ganz verworrene Darstellung davon unter Eudoxos' Namen vorfand.[5] Die „spirischen“ Linien, die er ebenfalls in die Mathematik einführte, benutzte er in seinem astronomischen System; der vielseitige Forscher war in der Astronomie ebenso hervorragend als in der Mathematik. Nach Proklos (in Eucl. p. 211) hat Platon die analytische Methode einem Schüler „mitgeteilt“ (*παραδέδωκεν*). Daran kann soviel richtig sein, daß er die Methode systematisch ausgebildet und seinen Schülern empfohlen hat; benutzt werden die Mathematiker sie schon lange haben. Die Analysis besteht darin, daß das vorliegende Problem *ἐπ' ἀρχὴν ὁμολογουμένην* zurückgeführt wird (Proclos in Eucl. p. 211, 20); darauf folgt der synthetische Beweis, der denselben Weg in umgekehrter Reihenfolge zurücklegt. Wichtig in methodischer Hinsicht ist auch die berüchtigte Stelle Menon 86 e ff., deren Erklärung trotz unzähligen Versuchen[7] noch nicht gelungen ist; aber soviel ist klar, daß es sich um die Möglichkeitsbedingung einer

[1] Plutarch, Symposiac. VIII 2, 1, läßt ihn sogar den Eudoxos, Archytas und Menaichmos tadeln, weil sie die Verdoppelung des Würfels *εἰς ὀργανικὰς καὶ μηχανικὰς κατασκευάς* zurückführen. Ein solcher Tadel wäre vollkommen unberechtigt und kann dem Platon kaum zugetraut werden.

[2] H. Künssberg, Der Astronom, Mathematiker und Geograph Eudoxos von Knidos, I—II, Progr. Dinkelsbühl 1888 u. 1890.

[3] Scholl. in Eucl. V p. 280, 7 ff.: *τὸ δὲ βιβλίον* (das fünfte, das ganz auf der genannten Definition beruht) *Εὐδόξου τινὲς εὕρεσιν εἶναι λέγουσι τοῦ Πλάτωνος διδασκάλου*, richtiger p. 282, 13 ff.: *τοῦτο τὸ βιβλίον Εὐδόξου τοῦ Κνιδίου τοῦ κατὰ τοὺς Πλάτωνος χρόνους γεγονότος εἶναι λέγεται.*

[4] Eratosthenes b. Eutokios zu Archim III S. 96, 18—19, vgl. S. 90, 7.

[5] Ebd. S. 56, 4 ff.

[6] Ebenso Diog. Laërt. III 24, der ihn ausdrücklich deren Erfinder nennt.

[7] Loria a. O. S. 120 f.; Ueberweg, Grundriß d. Gesch. d. Philos. d. Altertums[11] *S. 110 Heath a. O. I 298 ff.

Aufgabe handelt, also um das, was später als *διορισμός* jedes Problem begleitet.

Mit dem Stand der Stereometrie ist Platon sehr unzufrieden (Respubl. VII 528) Der Grund muß sein, daß sie noch nicht in ein festes exaktes System gebracht war; denn es lagen doch schon ehrenwerte Einzelergebnisse vor. Mit den regelmäßigen Polyedern hatten sich schon die Pythagoreer beschäftigt, und Platon benützt sie bei seiner Konstruktion der Elemente (Tim. 54 ff.), was dazu Anlaß gab, daß sie fortan „platonische Körper" genannt werden.[1] In seinem Kreis hatte Theaitetos wenigstens Oktaeder und Eikosaeder konstruiert,[2] und Eudoxos die wichtigen Sätze gefunden, daß Kegel und Pyramide $^1/_3$ sind des Zylinders und des Prismas mit gleicher Höhe und Grundfläche.[3] Diese Sätze hatte er durch die sogenannte Exhaustionsmethode bewiesen, als deren Begründer er gelten darf. Sie beruht auf dem Satz (Euklid X 1): wenn von der größeren von zwei ungleichen Größen die Hälfte oder mehr abgezogen wird, von dem Rest ebenso, und so weiter, kann man immer zu einer Größe gelangen, die kleiner ist als die gegebene kleinere, oder in der Fassung des Archimedes (II p. 264, 8 ff., vgl. p. 265 not. 1): durch Vervielfachung der Differenz zweier ungleichen Größen kann man immer zu einer Größe gelangen, die größer ist als jede gegebene. Durch dieselbe Methode hatte man um diese Zeit auch den schwierigen Beweis geführt für den Satz, daß Kugeln sich verhalten wie die Kuben ihrer Durchmesser. Da Archimedes hier nur von *οἱ πρότερον γεωμέτραι* spricht (II p. 264, 16 ff.) und den Satz nicht mit aufführt, wo er die Entdeckungen des Eudoxos erwähnt (s. oben), sind wir nicht berechtigt, diesem den Beweis zuzuschreiben.

Auch mit dem „goldnen Schnitt" (Teilung einer Geraden so, daß das größere Stück die mittlere Proportionale wird zwischen der ganzen und dem kleineren Stück), der für die Konstruktion der platonischen Körper wichtig ist, hatte Platon sich beschäftigt, und Eudoxos hatte die Untersuchung weitergeführt unter Anwendung der analytischen Methode (Proklos in Eucl. p. 67).

Platons Interesse ist wesentlich auf die Geometrie gerichtet. Was er von den beiden großen Zahlen sagt, denen er auf gut Pythagoreisch mystische Bedeutung beimißt,[4] zeigt zwar seine Beherrschung der Zahlenlehre, aber wissenschaftlichen Wert hat es nicht. Es wird ihm eine Ergänzung der pythagoreischen Lösung der unbestimmten Gleichung $x^2 + y^2 = z^2$ (in ganzen Zahlen) zugeschrieben, die von x als einer geraden Zahl ausging (vgl. S. 4).[5] Was sonst von eigenen mathematischen Leistungen Platons verlautet, ist ziemlich zweifelhaft. Von seinem Instrument zur Auffindung zweier mittleren Proportionalen war schon die Rede. Nach einer auch sonst ungenauen Notiz (Heron, Deff. 104) soll Archimedes ihm die

[1] Heron, Deff. 103; Pappos V 34. Eva Sachs, Die fünf Platonischen Körper, Berlin 1917.

[2] Scholl. in Euclid. V p. 654 Nr. 1. Suid. s. v. *Θεαίτητος*: *πρῶτος δὲ τὰ πέντε καλουμενα στερεὰ ἔγραψε.*

[3] Archimedes I p. 4, II p. 430.

[4] Legg. V 737 e ff. die richtige Zahl der Bürger $5040 = 12 \times 20 \times 21$. Respubl. VIII 546 die Zahl, wovon glückliche Geburten abhängen, trotz unzähligen Bemühungen (Loria a. O. S. 947 ff.) noch nicht erklärt.

[5] Heron, Geom. 9. Proklos in Eucl. p. 428 f.

Bekanntschaft mit zwei semiregulären *τεσσαρεσκαιδεκάεδρα* (von 8 Dreiecken und 6 Quadraten oder 8 Quadraten und 6 Dreiecken begrenzt; letzteres gibt es nicht) zugeschrieben haben; das wird aber durch Pappos (V 34) widerlegt, wo sämtliche 13 semiregulāre Körper (darunter 3 *τεσσαρεσκαιδεκάεδρα*) als von Archimedes entdeckt bezeichnet werden.

Aber die Bedeutung Platons für die Mathematik liegt gar nicht in dieser Richtung, wie es auch von einem Nichtfachmann gar nicht zu erwarten war, sondern erstens in seiner Schätzung ihres pädagogischen Wertes; die Stellung der Mathematik im Unterricht verdankt sie wesentlich Platon. Sodann in den Anregungen, die nach verschiedenen Seiten von ihm ausgegangen sind. Die Neuschöpfung der Geometrie auf exakter Grundlage bleibt die Tat des Eudoxos; aber man kann sich unschwer vorstellen, welcher Sporn für dessen Genialität der Verkehr mit Platon gewesen sein muß mit seinem klaren Blick für System und seinem wachen Interesse für die neuen Probleme.

8. In der Akademie wurde die Mathematik fortwährend gepflegt. Ihre Hauptleistung war die Grundlegung der Lehre von den Kegelschnitten durch Menaichmos,[1] Schüler des Eudoxos und der Akademie (Proklos in Eucl. S. 67). Zirkulare Schnitte im Kegel hatten auch Demokritos beschäftigt (s. unten), und man wird längst bemerkt haben, daß durch einen schiefen Schnitt durch einen Zylinder eine eigentümliche geschlossene Kurve entsteht; dafür spricht die alte, populäre Bezeichnung der Ellipse: *θυρεός* (Schild).[2] Auf der Suche nach Kurven, die zur Bewältigung des delischen Problems brauchbar wären, ist man wohl auf die Kegelschnittlinien gestoßen, und die Tat des Menaichmos hat darin bestanden, daß er diese Kurven als Kegelschnitte nachwies;[3] wie weit die Benutzung geometrischer Örter schon fortgeschritten war, zeigt die Lösung des Archytas (oben S. 5). Menaichmos erzeugte die 3 Kurven durch Schnitte senkrecht auf die Seitenlinie eines rechtstehenden Kegels und gab ihnen daher die Namen *ὀρθογωνίου κώνου τομή* (Parabel), *ὀξυγωνίου κώνου τομή* (Ellipse) und *ἀμβλυγωνίου κώνου τομή* (Hyperbel). Daß das delische Problem den Anstoß gegeben hat, einen neuen geometrischen Ort zu suchen, geht daraus hervor, daß Menaichmos sie sofort auf dieses Problem angewandt hat. Seine zwei Lösungen (durch Schneidung einer Parabel und einer Hyperbel und durch die zweier Parabeln) sind erhalten bei Eutokios (zu Archim. III S. 78 ff.); erstere zeigt, daß er schon die Asymptoten der Hyperbel gefunden hatte; den zweiten Ast der Hyperbel hat er dagegen nicht berücksichtigt.

Menaichmos hat sich außerdem bei den Bemühungen der Akademie um das System der Mathematik beteiligt; Proklos (in Eucl. p. 72 und 78) erwähnt seine Erörterungen über den Begriff des *στοιχεῖον* und über das Verhältnis zwischen Theorem und Problem.

[1] Eratosthenes bei Proklos in Eucl. S. 111 und bei Eutokios in Archim. III S. 96: *μηδὲ Μεναιχμέους κωνοτομεῖν τριάδας.*

[2] Proklos in Eucl. S. 126. 103, 111. Euklid, Phainom. S. 6, 5 ff.: *ἐὰν γὰρ κῶνος ἢ κύλινδρος ἐπιπέδῳ τμηθῇ μὴ παρὰ τὴν βάσιν, ἡ τομὴ γίγνεται ὀξυγωνίου κώνου τομή, ἥτις ἐστὶν ὁμοία θυρεῷ.*

[3] Zeuthen, Die Lehre von den Kegelschnitten im Altertum, Kopenhagen 1886, S. 455 ff.

Die Arithmetik blieb im Banne der pythagorisierenden Mystik, die der alternde Platon eingeleitet hatte. Sein Nachfolger, der wenig bedeutende Speusippos, hatte unter dem Einfluß des Philolaos ein Buch *Περὶ Πυθαγορικῶν ἀριθμῶν* geschrieben, woraus ein Fragment erhalten ist.[1] Er behandelte darin die Vorzüge der Zahl 10, die *ἀριθμοὶ γραμμικοί* (Primzahlen), *ἐπίπεδοι* und *στερεοί* nebst den platonischen Körpern und gab eine willkürliche Einteilung der Pyramiden, welche der der Dreiecke entsprechen sollte, alles der Zahl 10 zuliebe. Von den Polygonalzahlen hatte auch Philippos von Opus, der Herausgeber von Platons *Νόμοι* und Verfasser der Epinomis, in einem besonderen Werke gehandelt.[2] Die Bezeichnung *(εὐθυ)γραμμικοὶ ἀριθμοί* scheint von dem Pythagoreer Thymaridas von Paros herzurühren, den Tannery wohl mit Recht zu den alten Pythagoreern rechnet.[3] Er muß sich also mit der Einteilung der Zahlen abgegeben haben; dahin gehört auch seine Definition der *μονάς* als *περαίνουσα ποσότης*.[4] Viel wichtiger ist aber sein *ἐπάνθημα*,[5] das auf folgendes algebraisches Problem hinausläuft: wenn $x + x_1 + x_2 + \ldots + x_{n-1} = s$ und $x + x_1 = a_1$, $x + x_2 = a_2 \ldots x + x_{n-1} = a_{n-1}$, so ist

$$x = \frac{(a_1 + a_2 + \ldots + a_{n-1}) \div s}{n \div 2}.$$

Diese zufällig erhaltene Nachricht beweist, daß innerhalb der pythagoreischen Schule in der Arithmetik neben den Zahlenspekulationen auch wissenschaftlich weitergearbeitet wurde. Aber sonst liegen die wesentlichen Fortschritte der Zeit auf dem Gebiete der Geometrie.

Von den meisten der Mathematiker, die Proklos (in Eucl. S. 66 ff.) als Mitglieder der Akademie aufzählt, wissen wir freilich nicht mehr, als was dort berichtet wird. Der älteren Generation gehört Leodamas von Thasos, dem Platon die analytische Methode „mitteilte“ (oben S. 8); er benutzte sie zur Auffindung neuer Theoreme. Athenaios von Kyzikos wird besonders als Geometer gelobt, ebenso Amyklas von Herakleia, wahrscheinlich derselbe, der verhindert haben soll, daß Platon die Schriften des Demokritos dem Feuer übergebe.[6] Etwas mehr erfahren wir über Hermotimos aus Kolophon; er hat die Untersuchungen des Theaitetos und des Eudoxos weitergeführt, also wohl die irrationalen Größen und die Eudoxische Proportionslehre behandelt, außerdem am Ausbau der „Elemente“ mitgearbeitet und die Lehre von den geometrischen Örtern erweitert. Auf letztgenanntem Gebiet hat Deinostratos, Bruder des Menaichmos, sich das Verdienst erworben, eine Kurve zur Quadratur des Kreises angegeben

[1] Theologumena arith. (ed. DE FALCO, Leipzig 1922) S. 82 ff. Vgl. TANNERY, MSc. I S. 281 ff. Diog. Laërt. IV 5 führt unter den Schriften des Speusippos den Titel *Μαθηματικός* an.

[2] Suid. s. v. *φιλόσοφος* nennt unter seinen Schriften: *Περὶ πολυγώνων ἀριθμῶν*, außerdem *Ἀριθμητικά*, *Κυκλι[α]κά* und *Μεσότητες* (von mittleren Proportionalen?). Vgl. Epinomis 990c ff. Unter Platons Anleitung widmete er sich besonders solchen mathematischen Untersuchungen, die für Platons Philosophie nützlich waren (Proklos in Eucl. S. 67 f.).

[3] Iamblichos in Nicomach. (ed. PISTELLI, Leipzig 1894) S. 27. TANNERY, MSc. I S. 106 ff. Iamblichos, De Pythag. vita 36.

[4] Iamblichos in Nic. S. 11.

[5] Iamblichos a. O. S. 62 ff., vgl. S. 65 u. 68. HEATH a. O. I S. 94 ff.

[6] Diog. Laërt. IX 40, wo er Pythagoreer genannt wird. Vgl. III 46.

zu haben (*ἡ τετραγωνίζουσα*) [1] Lehrbücher der Elementargeometrie (*Στοιχεῖα*) schrieben Leon, Sohn des gänzlich unbekannten Mathematikers Neokleides, und Theudios von Magnesia; Leon soll besonders den *διορισμός* (Diskussion der Möglichkeitsbedingungen) ausgebildet haben;[2] dem Theudios wird nachgerühmt, daß er viele Sätze der Elementargeometrie verallgemeinert habe. Daß schon innerhalb der Akademie die Elementarlehrbücher zweimal mit kurzem Zwischenraum erneuert werden mußten, ist ein sprechendes Zeugnis für die schnelle Entwicklung sowohl der mathematischen Einzelerkenntnisse als des Systems. Noch Xenokrates, der Nachfolger des Speusippos, schrieb über verschiedene Gebiete der Mathematik,[3] und auch von Aristoteles wird eine vereinzelte Schrift mathematischen Inhalts angeführt.[4] Aber seine erhaltenen Werke zeigen deutlich die veränderte Stellung der Mathematik; sie ist als erste eine Spezialwissenschaft geworden, die nur der Fachmann beherrschen kann. Aristoteles, dessen Aufbau der Logik ohne Zweifel von dem System der Mathematik beeinflußt ist, ist zwar in der Elementarmathematik zu Hause und führt gern mathematische Sätze an,[5] aber von den Errungenschaften seiner Mitschüler in der höheren Mathematik verrät er keine Kenntnis. Von den Lehrbüchern der Akademie kann man sich mit Hilfe seiner direkten und indirekten Zitate eine Vorstellung machen.

Die nacharistotelische kleine Abhandlung *Περὶ ἀτόμων γραμμῶν* zeigt Vertrautheit mit der Lehre von den irrationalen Größen, wohl nach Theaitetos.[6] Von Eudemos, dem Geschichtsschreiber der exakten Wissenschaften im Geiste des Aristoteles, gab es ein besonderes Buch über den Begriff des Winkels (Proklos in Eucl. p. 125).

9. Die unüberbrückbare Kluft zwischen der in der nächsten Folgezeit dominierenden idealistischen Philosophie Platons und seiner Schule und der modernen Theorien vorgreifenden rationellen Naturforschung des Demokritos hat verschuldet, daß seine mathematischen Arbeiten früh verschollen sind.[7] Platon hat zwar im „Timaios“ seine Atomtheorie in nicht gerade verbesserter Gestalt benutzt,[8] ohne seinen Namen zu nennen, und ein unabhängiger Geist wie Archimedes zollt ihm gebührende Anerkennung als Vorläufer des Eudoxos, indem er die von diesem exakt bewiesenen Sätze über den Rauminhalt des Kegels und der Pyramide schon ausgesprochen hat, allerdings ohne den Beweis beizufügen.[9] Aber von seinen mathematischen Schriften sind uns nur die z. T. sehr interessanten Titel übrig geblieben.[10] Eine vereinzelte Notiz[11] läßt ahnen, daß seine

[1] Pappos IV 45.

[2] Proklos S. 66 sagt *εὑρεῖν*, was jedenfalls eine Uebertreibung ist.

[3] Diog. Laërt. IV 13.

[4] *μαθηματικὸν ᾱ* Diog. Laërt. V 24. Die Schrift *περὶ μονάδος* (ebd. 25) kann mehr philosophisch gewesen sein.

[5] Die mathematischen Stellen bei ihm zusammengestellt AbhGMath. XVIII, 1904. Im allgemeinen Görland, Aristoteles u. die Mathematik, Marburg 1889.

[6] 968 b 19 scheint sie als etwas Neues bezeichnet zu werden.

[7] *ἦλθον γὰρ εἰς Ἀθήνας καὶ οὔτις με ἔγνωκεν*, Demokrit Fr. 116 Diels.

[8] J. Hammer-Jensen, ArchGPh. 1910, 1–2.

[9] Archimedis Opp.[2] II S. 430.

[10] Diog. Laërt. IX 47: *περὶ διαφορῆς γνώμης (γνώμονος?) ἢ περὶ ψαύσιος κύκλου καὶ σφαίρης, περὶ γεωμετρίης, γεωμετρικῶν, ἀριθμοί, περὶ ἀλόγων γραμμῶν καὶ ναστῶν (solida) α′ β′, ἐκπετάσματα* (Aufrollung krummer Flächen?).

[11] Plutarch, De comm. not. 39 (Fr. 155 Diels): *εἰ κῶνος τέμνοιτο παρὰ τὴν βάσιν ἐπιπέδῳ, τί χρὴ διανοεῖσθαι τὰς τῶν τμημάτων ἐπιφανείας, ἴσας ἢ ἀνίσους γιγνομένας;*

Atomtheorie ihm die infinitesimale Methode, die Eudoxos begründet und Archimedes weitergebildet hat, nahegelegt hatte.

Nach ihrer Emanzipation von der Philosophie ging die Mathematik ihre eigenen Wege und führte nicht nur die gegebenen fruchtbaren Anregungen in exakter Forschung durch, sondern nahm auch neue Probleme auf; so erreichte sie im 3. Jahrh. v. Chr. einen Höhepunkt, der erst in der Neuzeit überschritten wurde, und zwar nur, weil man wieder an die Griechen anknüpfte.

Die Lehre von den Kegelschnitten wurde weitergeführt von Aristaios;[1] er hatte sie als geometrische Örter behandelt in seinen 5 Büchern *Τόποι στερεοί*, die zu Pappos' Zeit noch existierten (VII 30; vgl. III 21); er rechnet sie zum *τόπος ἀναλυόμενος* (VII 1; 3) und bezeichnet sie als *συνεχῆ τοῖς κωνικοῖς* (VII 30). Da unter *τόποι στερεοί* besonders die Kegelschnitte verstanden werden,[2] bedeuten diese Worte wahrscheinlich: die mit der Lehre von den Kegelschnitten in Verbindung stehen, von ihr abhängen, und man darf daraus nicht schließen, daß Aristaios außer den „soliden Örtern" noch ein Werk über Kegelschnitte geschrieben hatte.[3] Die platonischen Körper hatte er in einer Abhandlung mit dem Titel *Τῶν ε̄ σχημάτων σύγκρισις* behandelt, worin u. a. bewiesen war, daß derselbe Kreis das Fünfeck des Dodekaeders und das Dreieck des in dieselbe Kugel eingeschriebenen Eikosaeders umschreibt.[4]

10. Die Errungenschaften der bisherigen mathematischen Forschung auf dem Gebiete der Elementargeometrie wurden in mustergültiger Weise zu einem festgefügten System zusammengefaßt in den „Elementen" (*Στοιχεῖα*) des Eukleides.

Dieses Werk hat die älteren Lehrbücher völlig verdrängt und diente das ganze Altertum hindurch allen Mathematikern als selbstverständliche Grundlage, wie schon Proklos (in Eucl. S. 71) richtig bemerkt. Die ungemein zahlreichen Handschriften[5] vom 9. bis zum 15. Jahrhundert bezeugen, daß es auch bei den Byzantinern des Mittelalters fortwährend im Gebrauch war; aus einigen der unsren Handschriften beigeschriebenen Scholien geht hervor, daß noch um 1300 in Konstantinopel Vorlesungen darüber gehalten wurden.[6] Bei den Römern wurden die Elemente erst spät bekannt;[7] eine vollständige Übersetzung gab erst Boethius;[8] aber

[1] Pappos VII 1 (auch 29) nennt ihn *Ἀριστταῖος ὁ πρεσβύτερος*; von einem jüngeren verlautet weder bei ihm noch sonst etwas. Wenn Pappos VII 34 sich genau ausgedrückt hat, war er ein älterer Zeitgenosse des Eukleides.

[2] Pappos VII 22 (*τόποι*) *στερεοί, ὅσοι εἰσὶν κώνων τομαί.* Proklos in Eucl. S. 394, 23 ff.; Eutokios in Apollon. II S. 184, 22 ff.

[3] Heiberg, Studien über Euklid (Leipzig 1882) S 85; dagegen Allman, Greek geometry (Dublin 1889) S. 199 ff. Daß Pappos VII 34 (ich sehe keinen Grund, die Stelle mit Hultsch für interpoliert zu halten) von den *Κωνικά* des Aristaios spricht, beweist nichts; da es sich von deren Verwendung zur Behandlung eines *τόπος* handelt, konnte Pappos die *τόποι στερεοί* sehr gut so bezeichnen; auch VII 29 (wohl ein Scholium, an falscher Stelle eingeschoben) kann mit *κωνικῶν στοιχείων ε̄ τεύχη* des Aristaios dasselbe Werk gemeint sein.

[4] Hypsikles, Euclidis Opp. V S. 6, 19 ff. Ein Zweig der Ueberlieferung hat *Ἀριστεροῦ* statt *Ἀριστταίου*.

[5] Euclidis Opp. V S. XXIV ff. Heiberg, Paralipomena zu Euklid, Herm. XXXVIII S. 59 ff., 161 ff.; über ein paar Papyrusfragmente ebd. S. 47 ff.

[6] Heiberg, Om Scholierne til Euklids Elementer, V(idensk.) S(elskabs) S(krifter), Kopenh. 1888, S. 46 ff.

[7] Eukleides zuerst erwähnt bei Cicero De orat. III 132.

[8] Cassiodor., Var. I 45, De geom. S. 577. Seine Uebersetzung ist nicht erhalten. Die

schon früher waren einzelne Teile übersetzt worden, besonders zum Gebrauch der Feldmesser.[1] Zu den Arabern gelangte das Werk, wie es scheint, schon im 8. Jahrh., im 9. erschien die Übersetzung Hajjaj ben Jusufs, im 10. eine verbesserte von Ishak ben Hunein, die von Thabit ben Korra nach griechischen Handschriften revidiert wurde; abschließende Bearbeitung von Nassireddin Tusi (13. Jahrh., gedruckt Romae 1594).[2] Überhaupt wurde Eukleides auch für die Araber der große Lehrer, und sein Buch wurde eifrig studiert und kommentiert.[3] Durch die Araber wurde die Kenntnis der *Στοιχεῖα* dem Okzident vermittelt. Die Übersetzung Gerhards von Cremona[4] scheint verschollen; dagegen liegen die von Adelhard von Bath (12. Jahrh.) und von Campanus von Novara (13. Jahrh.) in zahlreichen Handschriften vor. Daß die gemeinsame Quelle arabisch ist, beweisen u. a. einige beibehaltene arabische Wörter wie *helmùayn* (*ῥόμβος*) und *helmuaripha* (*τραπέζιον*); im übrigen ist aber das Verhältnis der beiden Übersetzungen zueinander und zur arabischen Quelle noch nicht aufgehellt.[5] Gedruckt wurde die lateinische Übersetzung unter dem Namen des Campanus als erstes mathematisches Buch, das durch die neue Kunst verbreitet wurde, in Venedig 1482 (neu aufgelegt Vicentiae 1491). Daß der griechische Text noch vorhanden war, wußte schon Boccaccio, vermutlich durch seinen Lehrer Barlaam. Regiomontanus entdeckte durch Vergleichung griechischer Handschriften (wohl des Bessarion) die großen Abweichungen der lateinischen Übersetzung und bereitete eine verbesserte Ausgabe der Adelhardschen vor. Georg Valla übersetzte die Bücher XIV—XV aus dem Griechischen (Venet. 1498) und nahm Stücke der übrigen Bücher in sein monströses Werk De expetendis et fugiendis rebus (Venet. 1501) auf (nach cod. Mutin. III B 4).[6] Eine vollständige Übersetzung nach dem Griechischen gab Bartol. Zamberti (Venet. 1505),[7] und endlich erschien der griechische Text zu Basel 1533 durch Simon Grynaeus. Die Ausgabe beruht auf zwei geringen Hss. (Marcian. 301 und Paris. 2343), blieb aber maßgebend bis zur Ausgabe Peyrards (Paris 1814—18), die auf dem ausgezeichneten cod. Vatic. 190 (damals in Paris) beruht. Auf Peyrard fußt die handliche Ausgabe Augusts (Berol. 1826—29).[8] Kritische Gesamtausgabe auf breiterer handschriftlicher Grundlage von Heiberg und Menge (I—VIII, Lipsiae 1883—1916, hier zitiert als Euclidis Opp.) mit Nachträgen Herm. XXXVIII S. 46 ff., 161 ff., 321 ff. Da die „Elemente“ als Schulbuch dienten, in Rußland, Schweden und besonders England sogar bis ins vorige Jahrhundert, gibt es eine Unmasse von Übersetzungen in alle möglichen Sprachen

geometria Boetii (ed. Friedlein, Lipsiae 1867) ist eine Kompilation des 11. Jahrhunderts. Vgl. Phil. XLIII S. 507 ff.

[1] Euclidis Opp. V S. XCVIII ff.

[2] Klamroth, ZDMG XXXV S. 270 ff. Gartz, De interpretibus et explanatoribus Euclidis Arabicis, Halae a. S. 1823. Steinschneider, ZMPh. XXXI S. 81 ff.

[3] S. Steinschneider a. O. Der Kommentar Al-Narizis arabisch herausgegeben von Besthorn und Heiberg, Codex Leidensis 399, 1 (I—III 1, unvollendet), Hauniae 1898—1910: lateinisch übersetzt von Gherardus Cremonensis, ed. M. Curtze, Lipsiae 1899.

[4] Boncompagni, Vita ed opere di Gherardo Cremonese, Roma 1851, S. 5.

[5] H. Weissenborn, Die Uebersetzungen des Euklid durch Campano und Zamberti, Halle a S. 1882.

[6] Zum vorhergehenden s. Euclidis Opp. V S. CI ff.

[7] S. Weissenborn a. O.

[8] S. Euclidis Opp. V S. CIV—XIII, wo auch andere Ausgaben besprochen werden.

(sogar ins Chinesische) und Erläuterungsschriften;[1] hervorzuheben ist neben der Übersetzung F. Commandinos (Pisauri 1572, mit guten Anmerkungen) das reichhaltige Werk von T. L. Heath: The thirteen books of Euclid's Elements (I—III, Cambridge 1908).

Die „Elemente" wurden schon im Altertum kommentiert.[2] Ganz erhalten ist uns nur der Kommentar des Proklos zum I. Buch (ed. Friedlein, Lipsiae 1873), der neben allerlei neuplatonischer Mystik viele wertvolle geschichtliche Nachrichten enthält. Vom Kommentar Herons, dem ältesten uns bekannten, sind ziemlich viele Fragmente erhalten sowohl bei Proklos als bei Al-Narizi (Anaritius). Auch der Neuplatoniker Porphyrios hatte sich nach einigen bei Proklos angeführten Erörterungen rein mathematischen Inhalts mit den „Elementen" beschäftigt; dagegen sind die bei Anaritius mitgeteilten Ausführungen des Aristoteles-Kommentators Simplikios mehr philosophisch. Sehr umfangreich und bedeutend ist der Kommentar des Pappos gewesen, wovon wir bei Proklos und sonst Nachricht haben; außerdem liegt wahrscheinlich der das X. Buch betreffende Teil in arabischer Übersetzung vor.[3] Auf diesen älteren Quellen beruht der eine Zweig der in vielen Hss. beigeschriebenen Scholien (scholia Vaticana), während der andere (scholia Vindobonensia) sowie andere mehr sporadische Randnotizen wesentlich von den Studien der Byzantiner zeugen.[4]

Der Text der *Στοιχεῖα* ist im Laufe der Zeit nicht unbedeutenden Änderungen ausgesetzt gewesen; Lehrbücher wurden überhaupt aus leicht verständlichen Gründen nicht mit demselben Respekt vor dem Verfasser behandelt als die eigentliche Literatur; besonders war man geneigt, Zusätze zu machen, entweder um wirkliche und vermeintliche Lücken auszufüllen oder um das Verständnis zu erleichtern. Bei Euklid lassen sich viele solche Interpolationen durch Hilfe der erwähnten Überreste alter Kommentare nachweisen;[5] dagegen ist den starken Abweichungen bei den Arabern gegenüber Vorsicht geboten; die meisten sind willkürliche Änderungen.[6] Einiges geht jedoch auf griechische Quellen zurück; so besteht eine gewisse Ähnlichkeit zwischen der arabischen Gestaltung der stereometrischen Bücher und einer eigentümlichen Redaktion von XI 36—XII, die in einem cod. Bononiensis vorliegt.[7] Eine *ἐπιτομὴ τῶν στοιχείων* von einem sonst unbekannten Aineias aus Hierapolis erwähnt Proklos (in Eucl. S. 361).

Im 4. Jahrh. besorgte Theon aus Alexandria eine Ausgabe der „Elemente", wie er selbst berichtet (Comm. in Ptolem. I S. 201 ed. Halma). Der Zusatz zu VI 33, den er dort als den seinigen bezeichnet, findet sich in fast allen unsren Hss., die also auf Theons Ausgabe zurückgehen; die vortheonische Überlieferung ist nur durch Vatic. 190 vertreten.[8] Durch Ver-

[1] P. Riccardi, Saggio di una bibliografia Euclidea, I—V, Bologna 1887—93.

[2] Heiberg, Studien über Euklid S. 157 ff.

[3] Herausgegeben von Woepcke, Mémoires présent. à l'Acad. d. Sc. XIV (1856) S. 658 ff., der mit Unrecht Vettius Valens für den Verfasser hält (Stud. über Eukl. S. 169 ff.).

[4] Herausgegeben Euclidis Opp. vol. V. Vgl. Heiberg, Om Scholierne til Euklids Elementer VSS, 6. R. II 3 (Kopenhagen 1888) S. 229 ff.

[5] Euclidis Opp. V S. LXXVI ff.

[6] ZMPh. XXIX (1884) S. 1 ff.

[7] Gedruckt Euclidis Opp. IV S. 385 ff., vgl. Herm. XXXVIII S. 193 ff.

[8] Euclidis Opp. V S. XXIV. Ueber einige Hss., wo die beiden Rezensionen vermischt sind, s. Herm. XXXVIII S. 59 ff.

gleichung dieser Hs. mit dem nach den ältesten und besten der übrigen hergestellten Text läßt sich also ein Bild der Ausgabe Theons gewinnen; seine Änderungen und Zusätze bezwecken eine ziemlich elementare und prinziplose Verdeutlichung und bedeuten nirgends eine wirkliche Verbesserung.[1]

Die Bücher XIV—XV, die in vielen Hss. fehlen und im Vatic. 190 von den übrigen ganz getrennt sind, haben weder miteinander noch mit den „Elementen“ irgend etwas zu tun; sie werden an ihrer Stelle besprochen werden.

Von der Person und den Lebensverhältnissen des Eukleides wissen wir so gut wie nichts, und im späteren Altertum war man nicht besser unterrichtet.[2] Selbst für die Bestimmung seiner Lebenszeit war Proklos auf ein Wandergeschichtchen angewiesen, das ihn mit Ptolemaios I. zusammenbringt.[3] Sicher ist, daß Eudemos, dessen Werk die direkten Platonschüler noch behandelte, ihn nicht mehr erwähnte, und daß Archimedes ihn benutzte;[4] er mag daher um 300 geblüht haben.[5] Daß er in Athen studiert hat, ist, wenn auch nicht bezeugt,[6] doch wahrscheinlich; daß er in Alexandria lehrte, setzt Pappos[7] voraus, und nach der allgemeinen Entwicklung der gelehrten Studien ist es kaum anders denkbar.

Ueber das Hauptwerk des Eukleides, die *Στοιχεῖα,* sagt Proklos (in Eucl. S. 68), offenbar nach guter Quelle, daß er sie zusammengestellt habe *πολλὰ μὲν τῶν Εὐδόξου συντάξας, πολλὰ δὲ τῶν Θεαιτήτου τελεωσάμενος, ἔτι δὲ τὰ μαλακώτερον δεικνύμενα τοῖς ἔμπροσθεν εἰς ἀνελέγκτους ἀποδείξεις ἀναγαγών,* und rühmt mit Recht besonders den systematischen Aufbau und die Auswahl der Sätze und Probleme, indem er nicht aufnahm *ὅσα ἐνεχώρει λέγειν, ἀλλ' ὅσα στοιχειοῦν ἠδύνατο* (S. 69, d. h. was wirklich Bedeutung als Fundamentalsätze für weitere Untersuchungen hatte). In der Tat liegt offenbar ein Hauptverdienst des Buchs in der Vervollkommnung sowohl des Systems als der Exaktheit der Beweise, während das Material wesentlich von den Vorgängern geliefert wurde, wenn auch in verschiedenem Umfang für die einzelnen Teile. Wie weit die älteren Lehrbücher auch

[1] Uebersicht Euclidis Opp. V S. LI ff., vgl. S. XLV.

[2] Die ausführlichen Nachrichten der Araber sind Erdichtungen, z. T. auf noch nachweisbaren Mißverständnissen beruhend (Studien üb. Eukl. S. 1 ff.). Daß er in Gela geboren sei, ist eine Hypothese des Konstantinos Laskaris. Die seit dem 14. Jh. geläufige Bezeichnung Euclides Megarensis (auch bei Theodoros Metochites, *Ὑπομνήμ.* S. 108) beruht auf Verwechselung mit dem Philosophen (vgl. Valerius Maxim. VIII 12 ext. 1, Studien üb. Eukl. S. 22 ff.). Die Charakteristik bei Pappos VII 34 ist offenbar eigene (falsche) Konstruktion, das hübsche Dictum bei Stobaios (IV S. 205 ed. Meineke) ohne historischen Wert.

[3] Proklos in Eucl. S. 68. Er soll dem König auf die Frage, ob es in der Mathematik keinen kürzeren Weg gebe, geantwortet haben: *μὴ εἶναι βασιλικὴν ἀτραπὸν ἐπὶ γεωμετρίαν.* Dasselbe wird von Menaichmos und Alexander d. Gr. erzählt (Stobaei Floril. ed. Meineke, IV S. 205); ähnlich, aber ohne den Namen des Menaichmos, Seneca, Epp. 91, 17.

[4] So Proklos a. O. Euklid ist mit Namen angeführt (Elem. I 2) De sph. et cylind. I 2 (wenn die Worte echt sind), ib. I 6: *ἐν τῇ Στοιχειώσει.*

[5] H. Vogts Versuch (BMa. 1913, S. 193 ff.), ihn eine Generation höher hinaufzurücken, rechnet mit lauter Unbekannten. Zu beachten ist, daß die mathematische Terminologie des Aristoteles durchaus voreuklidisch ist.

[6] Wenn Proklos a. O. ihn als *τῇ προαιρέσει Πλατωνικὸς καὶ τῇ φιλοσοφίᾳ ταύτῃ οἰκεῖος* bezeichnet, begründet er es nur mit der schiefen Annahme, daß die platonischen Körper das *τέλος* der *Στοιχεῖα* seien.

[7] VII 35 (von Apollonios): *συσχολάσας τοῖς ὑπὸ Εὐκλείδου μαθηταις ἐν Ἀλεξανδρείᾳ πλεῖστον χρόνον.* Das sieht nicht wie eigene Erfindung aus.

in der Gestaltung vorgearbeitet hatten, ist schwer zu sagen; dagegen lassen die Quellen für den Inhalt sich einigermaßen bestimmen.

Buch I fängt mit einer Reihe von Definitionen (*ὅροι*) an, bloßen Worterklärungen der termini technici, wobei auch solche mitgenommen sind, die im Werke selbst nicht weiter vorkommen, z. B. (Def. 22) *ῥόμβος*, *ῥομβοειδές* und *τραπέζιον*; es sollen eben auch die Definitionen die Elemente der mathematischen Kunstsprache im allgemeinen geben. Das Wort *παραλληλόγραμμον* tritt nach der Behandlung der parallelen Geraden ohne Definition auf, zuerst als Adjektiv (*τῶν παραλληλογράμμων χωρίων* I 34), später substantivisch; nach Proklos (in Eucl. S. 392) hat Euklid selbst das Wort eingeführt (gebildet nach *εὐθύγραμμον*). Auf die Definitionen folgen die 5 Postulate (*αἰτήματα*). Sie sind etwas verschiedener Form. Die 3 ersten behaupten die Möglichkeit dreier einfacher Operationen (eine Gerade zu ziehen von einem beliebigen Punkt zu einem anderen, eine Gerade kontinuierlich zu verlängern, einen Kreis mit beliebigem Zentrum und Radius zu beschreiben); die beiden letzten sind theoretische Behauptungen: daß alle rechte Winkel gleich sind, und daß zwei Geraden nach der Seite hin zusammenfallen, wo die inneren Winkel, die sie mit einer sie schneidenden Geraden bilden, zusammen kleiner sind als 2 R. Diese beiden, die wegen ihrer Form in den älteren Ausgaben gegen die Hss. unter die *κοιναὶ ἔννοιαι* versetzt wurden, sind schon im Altertum als Postulate angegriffen worden; das erstere hielt Geminos für ein Axiom (Proklos S. 188), letzteres meinte u. a. Ptolemaios beweisen zu können (ib. S. 191f.), und auch in neuerer Zeit ist es von seiten der Mathematiker eifrig diskutiert worden;[1] die Erkenntnis scheint sich Bahn zu brechen, daß dieses oder ein ähnliches Postulat für die euklidische Geometrie notwendig ist, und daß die von Euklid gewählte Lösung nicht nur logisch wohl begründet, sondern geradezu die einfachste ist.[2] Die letzte Klasse der Voraussetzungen sind die „allgemeinen Begriffe“, *κοιναὶ ἔννοιαι*, die Proklos richtig bezeichnet als *τὰ κατὰ πάντας ἀναπόδεικτα καλούμενα ἀξιώματα, καθ' ὅσον ὑπὸ πάντων οὕτως ἔχειν ἀξιοῦται, καὶ διαμφισβητεῖ καὶ πρὸς ταῦτα οὐδείς* (in Eucl. S. 193), d. h. Axiome im aristotelischen Sinne (*ἀρχὴ συλλογιστική, ἣν ἀνάγκη ἔχειν τὸν ὁτιοῦν μαθησόμενον*, Anal. post. 72a); die euklidische Benennung entspricht Begriffen wie *κοιναὶ δόξαι, ἐξ ὧν ἅπαντες δεικνύουσιν* (Aristoteles, Metaph. 996b). Sie sind besonders Zusätzen ausgesetzt gewesen; Proklos (a. O. S. 197f.) nennt mehrere, die unsre Überlieferung nicht kennt; Heron wollte nur 3 als echt anerkennen (Proklos S. 196), und die Hss. schwanken; von den 9 einigermaßen einstimmig überlieferten sind 4 wahrscheinlich alte Interpolation.

Auf dieser Grundlage gibt dann das Buch die elementaren Hauptsätze (*θεωρήματα*) über Dreiecke und Winkel, Senkrechte, Parallelen und Parallelogramme mit den für die Beweise notwendigen einfachen Konstruk-

[1] Material zur Geschichte der Kontroverse bei Camerer und Hauber, Euclidis Elementa Graece et Latine, Berolini 1824, I S. 402 ff.

[2] S. Enr. Rufini, Periodico di Matematiche 1923, S. 11 ff. und besonders Zeuthen, Foreläsning over Mathematikens Historie, Kopenhagen 1893, S. 100 ff., wo die Voraussetzungen Euklids in origineller und scharfsinniger Weise beleuchtet werden; sie lassen danach sehr wenig zu wünschen übrig.

tionen (*προβλήματα*) und schließt mit dem pythagoreischen Lehrsatz und seiner Umkehrung. Der Beweis dieses Satzes scheint nach Proklos S. 426 von Euklid selbst herzurühren (den der Pythagoreer kennen wir nicht), aber der Inhalt des Buches war sicher schon den Pythagoreern bekannt. Dasselbe gilt von dem II. Buch, das die Grundlage der „geometrischen Algebra" gibt, die durch Operationen mit Quadraten und Rechtecken dasselbe leistete wie heutzutage algebraische Gleichungen (vgl. oben S. 3). Auch im III. und IV. Buch befinden wir uns, was den Inhalt betrifft, noch auf dem Boden der pythagoreischen Geometrie und ihrer Fortsetzer. Das III. Buch behandelt nach den nötigen Definitionen den Kreis und seine Teile, Chorden, Tangenten und Peripheriewinkel; im IV., das aus lauter Problemen besteht, werden zunächst die Begriffe *ἐγγράφεσθαι* und *περιγράφεσθαι* (in und um einen Kreis) definiert und dann die Konstruktion von ein- und umgeschriebenen Dreiecken, Quadraten, regulären Fünfecken, Sechsecken und Fünfzehnecken samt Kreisen angegeben. Das Buch wird in einem Scholion (Euclidis Opp. V S. 273, 2 u. 13) ausdrücklich als pythagoreische „Erfindung" bezeichnet. Das V. Buch gibt in mustergültigem Aufbau die geniale Proportionslehre des Eudoxos (oben S. 8) wieder, unzweifelhaft von Euklid selbst zum erstenmal in die Elementargeometrie eingeführt.[1] Von den 18 Definitionen, die alle auf Proportionen sich beziehende *termini* erklären, ist Nr. 5 die eudoxische verallgemeinerte Definition der Proportionalität.[2] Erst nachdem die in der Irrationalität liegende Schwierigkeit so beseitigt ist, werden Proportionen zugelassen im VI. Buch, das von Ähnlichkeit der geometrischen Figuren und dem Verhältnis ihrer Rauminhalte handelt. Die Verallgemeinerung des pythagoreischen Lehrsatzes in VI 31 soll nach Proklos (in Eucl. S. 426) dem Euklid selbst gehören; aber sonst werden viele der Sätze längst bekannt gewesen sein, nur nicht exakt bewiesen, was erst nach Eudoxos möglich war. Das Buch gibt auch die nötigen Konstruktionen an, so VI 30 den sog. „goldenen Schnitt" (*ἄκρον καὶ μέσον λόγον τέμνειν*), bringt zwei wichtige Sätze aus der geometrischen Algebra (28—29) und schließt mit dem Satze, daß Peripherie- und Zentrumswinkel sich wie ihre Kreisbogen verhalten (33). Die Bücher VII—IX sind rein arithmetisch. VII enthält nach den für die Zahlenlehre notwendigen Definitionen wesentlich dieselben Sätze für ganze Zahlen, die im V. Buch für allgemeine Größen bewiesen sind, und gibt eine Vorstellung von der voreudoxischen Beweisführung (so die Def. 21 von der ursprünglichen Bestimmung der Proportionalität); es ist aber nicht ein überflüssiges Relikt, da bei den Zahlen neue Untersuchungen hinzukommen (über Teilbarkeit und Reduktion auf kleinste Zahlen).[3] VIII—IX enthalten weitere zahlentheoretische Sätze und gipfeln in einer Bestimmung einer „vollkommenen" Zahl (IX 36, *ἀριθμὸς τέλειος*).[4] Buch X, das

[1] Schol. V 3: *εὑρέσεως μὲν γὰρ ἕνεκα ἄλλου τινὸς* (nämlich des Eudoxos) *οὐδὲν κωλύει εἶναι (τὸ βιβλίον), τῆς μέντοι κατὰ στοιχεῖον αὐτῶν συντάξεως χάριν καὶ τῆς πρὸς ἄλλα τῶν οὕτω ταχθέντων ἀκολουθίας ὡμολόγηται παρὰ πᾶσιν Εὐκλείδου εἶναι.* Vgl. Proklos S. 68: *πολλὰ τῶν Εὐδόξου συντάξας.*

[2] Zwei unechte Definitionen (nach 3, vgl. 7, und 17) sind nur in einige Hss. eingedrungen.

[3] Zeuthen, Foreläsning over Math.s Hist. S. 136, und besonders ODVS. 1910 S. 395 ff.: Sur les livres arithmétiques des Eléments d'Euclide.

[4] IX 19 enthält einen schon im Altertum (s. zu Euclidis Opp. II S. 386, 1) nach-

umfangreichste des ganzen Werks, gibt eine erschöpfende und exakte Darstellung der irrationalen Größen. Auch hier stammt vieles aus den Arbeiten des Theodoros und besonders des Theaitetos (von X 9 ist es ausdrücklich bezeugt Schol. X 62), wie es für die Terminologie nachweisbar ist.[1] Aber wie Euklid die Klassifikation der Irrationalen weiter ausgebildet hat,[2] so gehört die Darstellungsform und überhaupt die Einordnung der ganzen Lehre ins System sicher Euklid selbst.[3] X 1 gibt die Grundlage des Exhaustionsbeweises und geht also wenigstens auf Eudoxos zurück (oben S. 9). Die Bücher XI—XIII endlich enthalten die Stereometrie. Wenn Platons Tadel sich auf das Fehlen eines exakten Systems der Stereometrie bezieht (oben S. 9), spricht das dafür, daß wir bei Euklid den ersten Versuch eines systematischen Lehrgebäudes dieser Disziplin haben. Hierzu stimmt es, daß der Aufbau nicht ganz so unangreifbar ist wie in den planimetrischen Büchern; Symmetrie und Kongruenz werden nicht unterschieden, XI Deff. 9—10 und die darauf bauenden Beweise XI 25—26 sind ungenau,[4] XI 24 ist wenig sorgfältig formuliert,[5] und der Beweis XII 17 hat eine Lücke.[6] Buch XI enthält nach den Definitionen für die ganze Stereometrie die grundlegenden Sätze und Konstruktionen die gegenseitige Lage von Geraden und Ebenen betreffend, von Raumwinkeln und Parallelepipeden.[7] Buch XII bringt zunächst den Satz, daß Kreise sich verhalten wie die Quadrate ihrer Durchmesser (XII 2); der Satz war schon von Hippokrates bewiesen (oben S. 6), aber Euklids Beweis wird durch Exhaustion geführt und geht daher wohl auf Eudoxos zurück, dem die Hauptsätze XII 7 und 10 gehören (oben S. 9) und damit natürlich manches andere der Bücher XI—XII. Buch XII beschäftigt sich überhaupt mit dem Rauminhalt von Pyramiden, Prismen, Kegeln und Zylindern und gipfelt in dem Satze (XII 18), daß Kugeln sich verhalten wie die Kuben ihrer Durchmesser, was durch Exhaustion bewiesen wird (vgl. oben S. 9). Buch XIII 13—17 gibt die Konstruktion der 5 regulären Polyeder. Vorausgeschickt werden (1—6) einige dazu nötige Sätze über den goldenen Schnitt und (7—12) nähere Bestimmungen der Kanten mit Hilfe des X. Buchs; zum Schluß werden die Kanten unter sich verglichen und der Beweis geführt, daß es keine anderen regulären Körper gebe (18). Daß das Buch in der Hauptsache von Theaitetos stammt, der *πρῶτος τὰ πέντε καλούμενα στερεὰ ἔγραψε* (Suidas), ist unzweifelhaft (oben S. 9), aber zu leugnen, daß schon die Pythagoreer diese Körper behandelt hatten,[8]

gewiesenen Fehler, der wahrscheinlich dem Euklid selbst zur Last fällt.

[1] Eva Sachs, De Theaeteto Atheniensi mathematico. Berlin 1914, S. 43 ff. Die in den Sätzen X 21, 36—41, 73—78 und in den *ὅροι δεύτεροι* S. 136 und *τρίτοι* S. 254 (vgl. die Uebersicht S. 354 f.) gegebene etwas schwerfällige Terminologie ist durch das Fehlen einer Zeichensprache notwendig geworden. Eine Umsetzung in moderne Zeichen bei Heath, Hist. of Gr. math. I S. 403 ff.

[2] Pappos (Woepcke s. oben S. 15[3]) S. 691 f., nach Eudemos.

[3] Proklos, in Eucl. S. 68: *πολλὰ δὲ τῶν Θεαιτήτου τελεωσάμενος.*

[4] Zeuthen, Foreläsning over Math.s Hist. S. 114; Heath, Euclid's Elem. III S. 265 ff.

[5] Euclidis Opp. IV S. 71 Anm.

[6] Ebd. S. 239 Anm. 2. XI Def. 11 wurde schon im Altertum angegriffen (Scholl. XI 6—8).

[7] Ohne Definition eingeführt XI 25 (vgl. oben S. 17).

[8] Scholl. XIII 1: *τρία δὲ τῶν προειρημένων ε̄ σχημάτων τῶν Πυθαγορείων ἐστίν, ὅ τε κύβος καὶ ἡ πυραμὶς καὶ τὸ δωδεκάεδρον* (über dieses vgl. Iamblichos, Vita Pythag. 88 u. 247).

wenn auch nicht exakt, liegt kein Grund vor. Ob Hermotimos diese Untersuchungen von Eudoxos und Theaitetos weitergeführt hatte (oben S. 11), wissen wir nicht; von einer Benutzung der Arbeit des Aristaios (oben S. 13) ist bei Euklid keine Spur nachweisbar.[1] Zu XIII 1—5 liegen in den Hss. Analysen vor, die typisch sind für dieses Verfahren (Euclidis Opp. IV App. I 8); wie alt sie sind, ist zweifelhaft; von Euklid sind sie jedenfalls nicht.

Ehe wir die *Στοιχεῖα* verlassen, ist eine Übersicht der Form der Beweise, die fortan klassisch blieb, am Platze (vgl. Proklos in Eucl. S. 203 ff.). Zuerst wird der zu beweisende Satz (*θεώρημα*) oder die auszuführende Konstruktion (*πρόβλημα*) in der *πρότασις* allgemein angegeben, dann das Gegebene benannt und mit Buchstaben bezeichnet (*ἔκθεσις*) und die Aufgabe mit Benennung der Bestandteile wiederholt (*διορισμός*);[2] dann folgt die Beschreibung der für den Beweis notwendigen Figur (*κατασκευή*) und der Beweis (*ἀπόδειξις*); als Abschluß wird dann die *πρότασις* wiederholt mit einem *ἄρα* und einem *ὅπερ ἔδει δεῖξαι* oder *ποιῆσαι*. Kleinere Abweichungen kommen gelegentlich vor, *ἔκθεσις* oder *διορισμός* werden zuweilen als überflüssig fortgelassen; aber in der Hauptsache steht das Gerüst fest.

Von den übrigen Schriften Euklids zur elementaren Geometrie sind griechisch nur die *Δεδομένα* (Data) erhalten. Sie bleiben innerhalb des Gebiets der Elemente, gestalten aber die Sätze so um, daß sie für die Analysis unmittelbar brauchbar werden, indem sie aussagen, daß irgendeine geometrische Größe gegeben (bestimmt) ist, wenn die und die andere(n) gegeben. Die Sätze 84—85 enthalten die Lösung quadratischer Gleichungen auf geometrischem Wege.

Die Überlieferung der Schrift ist von der der *Στοιχεῖα* verschieden.[3] Zwar liegt uns auch hier sowohl eine ältere Redaktion vor als auch die Theons; aber diese ist nur durch 2 Hss. vertreten (die ältere ist noch dazu schlecht erhalten), während alle anderen (darunter die ältesten) die vortheonische Redaktion geben. Daß aber auch diese schon stark interpoliert ist, geht aus Pappos (VII 4) hervor, der in seiner Inhaltsübersicht nur 90 Sätze aufzählt, während unsere Hss. 94 haben; noch ein Satz ist nur in späten Hss. in den Text gekommen, während seine Unterbringung in den älteren ihn deutlich als Interpolation kennzeichnen (Append. 18). Die Definitionen 13—15 sollen von Apollonios herrühren (Scholl. Dat. 13). Bemerkenswert ist, daß, während Theon in seiner Ausgabe der *Στοιχεῖα* den Text verdeutlicht und breiter macht, so geht er hier vielmehr auf Verkürzung aus; die Data waren eben für Vorgerücktere bestimmt (Menge a. a. O. S. XLVIII).

Zur Plangeometrie gehört noch die von Proklos (in Eucl. S. 68 und 144) erwähnte Abhandlung *Περὶ διαιρέσεων*. Die Sätze, leider meist ohne die Beweise, sind arabisch erhalten;[4] sie behandeln, wie auch Proklos sagt

[1] Eva Sachs, Die fünf platon. Körper S. 107 ff.

[2] *διορισμός* kann auch Diskussion der Möglichkeitsbedingungen bedeuten, die, wenn nötig, an derselben Stelle steht. Das scheint die ursprüngliche Bedeutung des Wortes zu sein.

[3] H. Menge, Euclidis opp. VI S. XXXI ff.

[4] Woepcke, Journal Asiatique 1851 S. 233 ff., Euclidis Opp. VIII S. 227 ff. R. C.

(S. 144), verschiedene Zerlegungen von Dreiecken, Vierecken und Kreisfiguren.

Aber Euklid hatte auch für die höhere Geometrie Lehrbücher geschaffen. Seine *Κωνικά* in 4 Büchern erwähnt Pappos (VII 30), und daraus ist ohne Zweifel entnommen, was Archimedes benutzt als bewiesen *ἐν τοῖς Κωνικοῖς* (Euclidis Opp. VIII S. 283 f.). Er hatte sich darin mit dem „Ort zu drei und vier Geraden“ [1] beschäftigt, wenn auch nach Apollonios nicht erschöpfend.[2]

Mit den Kegelschnitten beschäftigten sich auch die 2 Bücher *Τόποι πρὸς ἐπιφανείᾳ*. Pappos erwähnt sie (VII 3) an elfter Stelle unter den zum *τόπος ἀναλυόμενος* gehörenden Werken und giebt (VII 312—18) einige Hilfssätze dazu. Der Inhalt im allgemeinen läßt sich erkennen.[3]

Schwerer ist es ein Bild von dem Werk *Πορίσματα* zu gewinnen, das Pappos (VII 3) in demselben Zusammenhang an sechster Stelle aufführt; es waren 3 Bücher mit 171 Sätzen (Pappos VII 20 S. 660), die Pappos VII 18—20 nach Gruppen resümiert; ausführliche Hilfssätze dazu gibt er VII 193—232.[4] Diese Nachrichten haben seit dem 17. Jahrhundert den Scharfsinn bedeutender Mathematiker gereizt und viele Vermutungen über den Inhalt des Werks hervorgerufen;[5] M. Chasles hat sogar eine vollständige Restitution gegeben.[6] Im einzelnen bleibt manches unsicher, aber Hauptzweck und Charakter des Buchs dürften feststehen.[7] Nach den Definitionen des Proklos (in Eucl. S. 301 ff.) und des Pappos (VII 14) verhält *πόρισμα* sich zu *δεδομένον*, wie Problem zu Theorem; wie ein Satz der *Δεδομένα* aussagt, was unter gewissen Umständen gegeben ist, so müssen die Sätze der *Πορίσματα* so formuliert gewesen sein: unter den und den Voraussetzungen kann das und das (vorhandene) Stück einer Figur bestimmt (eigentlich: zuwegegebracht) werden,[8] und folgerecht müssen sie mit *ὅπερ προέκειτο εὑρεῖν* schließen. Als einfachstes Beispiel eines Porismas führt Proklos Elem. III 1 *τοῦ δοθέντος κύκλου τὸ κέντρον εὑρεῖν* an, wo Euklid jedoch die Schlußformel *ὅπερ ἔδει ποιῆσαι* anwendet wie bei den Problemen; und in der Tat ist der Unterschied nur der, daß im Problem etwas noch nicht Existierendes geschaffen wird, im Porisma aber etwas schon notwendig Existierendes gefunden.

Proklos erwähnt noch eine offenbar sehr interessante Abhandlung von Euklid, die *Ψευδάρια*, worin er mathematische Paralogismen systematisch behandelt hatte.[9]

Archibald, Euclid's book on divisions of figures, Cambridge 1915.

[1] Darüber Zeuthen, Die Lehre von den Kegelschnitten im Altertum, Kopenhagen 1886, S. 126 ff.

[2] Apollon. Con. I S. 4, Pappos VII 32—33.

[3] Heiberg, Studien üb. Euklid S. 79 ff. Zeuthen, Die Lehre v. d. Kegelschn. S. 423 ff.

[4] Euclidis Opp. VIII S. 237 ff.

[5] Uebersicht über die ältere Literatur bei Breton de Champ, Journal de mathématiques (p. Liouville) XX S. 251 ff. Hauptwerk: R. Simson, De porismatibus tractatus in seinen Opera quaedam reliqua, Glasguae 1776, S. 315 ff.; vgl. auch W. Trail, Account of the life and writings of Robert Simson, London 1812, S. 84 ff.

[6] Les trois livres des Porismes d'Euclide, Paris 1860.

[7] Studien üb. Eukl. S. 56 ff.; P. Tannery, Bull. d. sc(iences) mathém. VI S. 145 ff.

[8] Das entspricht auch der Wortform von *πόρισμα*, d. h. *ὃ πορίζεται*. Gar nichts damit zu tun hat die andere mathematische Bedeutung des Worts: eine Wahrheit, die aus dem Beweise eines anderen Satzes nebenbei (als Gewinn) hervorgeht (Proklos S. 212, 301; Synesios, Aegypt. II 7).

[9] Proklos S. 70; Euclidis Opp. VIII S. 236.

Über seine Schriften zur Astronomie, Optik und Musik wird unten gesprochen werden. Auch ein arithmetisches Epigramm ist unter seinem Namen erhalten.[1]

11. Mit der Lehrtätigkeit Euklids hatte die Mathematik ihre feste Stelle bekommen unter den Fachwissenschaften, die in Alexandria schulmäßig betrieben wurden. Von besonderen Leistungen der Schule in der reinen Mathematik verlautet allerdings wenig, während sie in der Astronomie und Mechanik einen ehrenwerten Platz einnimmt. Aber die größten Mathematiker des III. Jahrhunderts, Archimedes und Apollonios, hatten dort ihre Studien gemacht, und Archimedes blieb fortwährend mit den dortigen Gelehrten in brieflichem Verkehr und legte ihnen seine neuen Ergebnisse vor. Freilich hat er sich auch gelegentlich über ihre professionelle Allwissenheit geärgert; er erzählt selbst,[2] daß er sich einmal den boshaften Spaß erlaubte, ihnen auch einige falsche Sätze zu senden, „damit die Leute, die da behaupten alles finden zu können, aber nie einen Beweis dafür vorbringen, überführt werden, auch das Unmögliche finden zu können". Einer seiner Korrespondenten ist Konon aus Samos, der sonst wesentlich als Astronom bekannt ist, aber dessen mathematische Einsicht Archimedes sehr rühmt.[3] Seine Arbeit über Schneidung und Berührung von Kegelschnitten und Kreisen erwähnt Apollonios als ungenügend in den Beweisen; ein Mathematiker aus Kyrene, Nikoteles, hatte das in einer eigenen Streitschrift nachgewiesen und hatte sogar den Untersuchungen Konons allen Nutzen für den Diorismos abgesprochen, aber mit Unrecht.[4]

Auch mit Eratosthenes steht Archimedes in Verbindung; er schickt ihm seine neu entdeckten Sätze zu und fordert ihn auf, die Beweise zu finden,[5] und dediziert ihm eine seiner Schriften mit lobenden Worten über sein Interesse für Mathematik.[6] Von mathematischen Leistungen des vielseitigen Eratosthenes, den böse Zungen *Βῆτα* nannten, als den in allen Wissenschaften zweitbesten,[7] kennen wir seine Lösung des „delischen Problems" (Verdoppelung des Würfels) mittels eines von ihm konstruierten Instruments (sein *μεσόλαβος*, Pappos III 21) zur Auffindung zweier mittleren Proportionalen; er ist selbst sehr stolz darauf, hat ein Modell davon in einem Tempel geweiht und ein Epigramm dazu verfaßt;[8] ja er rühmt sich sogar, die Aufgabe praktiseh gelöst zu haben im Gegensatz zu den theoretischen Lösungen des Archytas, des Eudoxos und des Menaichmos.[9] In Wirklichkeit verdient seine Erfindung den Tadel des Nikomedes, der sie „sowohl unpraktisch als ohne Verständnis für Geometrie" nennt.[10] Ferner hat er eine Methode zur Auffindung der Primzahlen angegeben (seinen „Sieb", *κόσκινον*),[11] ebenfalls ohne besonderen theoretischen Wert. Diese

[1] Euclidis Opp. VIII S. 285 ff.
[2] Archimedis Opp. ed. Heiberg[2] II S. 2.
[3] Archimedis Opp. I S. 4; II S. 2, 262.
[4] Apollonii Pergaei Opp. ed. Heiberg II S. 2—4.
[5] Archimedis Opp. II S. 426.
[6] Ebd. II S. 428. Eratosthenes hatte ihn als Zeitgenossen erwähnt (Prokl. in Eucl. S. 68).
[7] Bernhardy, Eratosthenica (Berolini 1822) S. VIII f.
[8] Erhalten bei Eutokios zu Archim. III S. 88 ff. mit einem Brief an den König Ptolemaios, dessen Echtheit jedoch zweifelhaft ist (ebd. S. 89). Vgl. Proklos in Eucl. S. 111, Pappos III 23.
[9] Eutokios a. O. S. 90.
[10] Eutokios S. 98.
[11] Nikomachos, Arithm. I 13.

kann er mitgeteilt haben in seinem *Πλατωνικός*, worin er u. a. die Begriffe *λόγος* und *ἀναλογία* erörterte, wie es scheint, besonders in Beziehung zur Musik,[1] und die Veranlassung des delischen Problems erzählt hatte.[2] Pappos[3] führt eine Schrift *Περὶ μεσοτήτων* in 2 Büchern an als zum *τόπος ἀναλυόμενος* gehörig; ihr Inhalt ist unbekannt.

Der soeben genannte Nikomedes gehört ebenfalls noch ins 3. Jahrh. v. Chr. als ein älterer Zeitgenosse des Apollonios.[4] Er hatte einige neue Kurven erfunden, die er in seinem Werke *Περὶ κογχοειδῶν* (oder *κοχλοειδῶν*) definiert und beschrieben hatte, sie waren 4 an Zahl und zur Lösung von Problemen höherer Ordnung verwendbar,[5] wie der Würfelverdoppelung,[6] der Dreiteilung des Winkels[7] und der Quadratur des Kreises; danach hatte eine seiner Kurven den Sondernamen *ἡ τετραγωνίζουσα*.[8]

12. Aber alle Mathematiker, nicht nur der Zeit sondern des ganzen Altertums, überstrahlt das Genie des Archimedes.

Er war in Syrakus geboren, zu deren Fürstenhaus er persönliche Beziehungen hatte, und abgesehen von einem Studienaufenthalt in Alexandria[9] lebte er in seiner Vaterstadt als Privatgelehrter in seine Studien versunken, aber immer bereit, seinen Erfindergeist im Interesse des Königs und des Vaterlandes zu betätigen. Bekannt ist seine Beteiligung an der Verteidigung der Stadt gegen Marcellus 212 durch Konstruktion kräftiger Kriegsmaschinen; bei der Eroberung wurde er von einem Soldaten getötet wider den Willen des Feldherrn. Die Rolle, die er bei diesem Ereignis spielte, hat die Aufmerksamkeit der Historiker auf ihn gelenkt, so daß wir mehr von seiner Persönlichkeit wissen, als es sonst bei den Mathematikern der Fall ist; das außergewöhnliche seiner Erscheinung und seines Schicksals hatte eine Biographie veranlaßt, von einem Herakleides verfaßt, möglicherweise demselben, durch den Archimedes seine Bücher den alexandrinischen Gelehrten überbringen läßt;[10] die bekannten Geschichtchen von seiner Distraktion und seine Dikta (wie *εὕρηκα* und *δός μοι, ποῦ στῶ, καὶ τὴν γῆν κινήσω*) sind daher vielleicht nicht ohne Gewähr; sie fügen sich ganz gut zusammen zu einem charakteristischen, nicht unwürdigen Bild.[11] Sein verschollenes Grabmal fand Cicero als Quästor in Syrakus, wie er selbst erzählt,[12] geleitet durch eine vorliegende Nachricht

[1] Bernhardy S. 168 ff., Proklos in Eucl. S. 43.

[2] Theon Smyrnaeus ed. Hiller (Lipsiae 1878) S. 2.

[3] VII 3; 29; *τόποι πρὸς μεσότητας* VII 22.

[4] Das darf aus Simplikios in Aristot. Phys. (ed. Diels) I S 60, 14—15 geschlossen werden.

[5] Pappos IV 39, cf. 58. Proklos in Eucl. S. 356.

[6] Eutokios in Archim. III S. 98 ff., wo er auch ein Instrument zur Zeichnung der Kurve beschreibt. Vgl. Pappos III 21; 24; IV 39—44.

[7] Pappos III 21; Proklos in Eucl. S. 272.

[8] Pappos IV 45; Iamblichos bei Simplik. in Arist. Phys. I S. 60.

[9] S. oben. Auf einen längeren Aufenthalt deuten die Nachrichten von seiner Erfindung der Wasserschnecke in Aegypten (Diodor V 37, vgl. Olympiodoros in Arist. Meteorol. S. 119, 31 ed. Busse).

[10] Archimedis Opp. II S. 2, 4; 4, 28. *Ἡρακλείδης ἐν τῷ Ἀρχιμήδους βίῳ* zitiert Eutokios in Archim. III S. 228, 20; aber bei demselben in Apollon. II S. 168, 7 ist überliefert *Ἡράκλειος ὁ τὸν βίον Ἀρχιμήδους γράφων*.

[11] Stellensammlung Heiberg, Quaestiones Archimedeae, Hauniae 1879, S. 6 ff. Noch Iulianus Apostata, Orat. I 29 c, lobt die Milde der Römer gegen Syrakus.

[12] Tuscul. V 64 ff. Vgl. Plutarchos, Marcellus 17.

über das darauf angebrachte Epigramm mit nebenstehender Figur, einer in einem Zylinder eingeschriebenen Kugel.

Archimedes nennt selbst als seinen Vater einen sonst unbekannten Astronomen Pheidias[1] und hat selbst wahrscheinlich mit der Astronomie angefangen; die Konstruktion seines berühmten Planetariums sowie die Aufgaben, die Hieron ihm stellte, mußten ihn auf Mechanik, Schwerpunktsbestimmungen und Untersuchungen über spezifisches Gewicht hinführen; auch bei seinem, gewiß frühen, Aufenthalt in Ägypten hat er sich ja mit Ingenieurarbeiten abgegeben. So versteht man, wie er darauf kam, eine von der Gleichgewichtslehre abgeleitete Betrachtungsweise auf die reine Mathematik anzuwenden.[2] Diese seine Methode setzt er als etwas Neues auseinander in der erst 1907 wieder aufgefundenen, an Eratosthenes dedizierten Abhandlung *Περὶ τῶν μηχανικῶν θεωρημάτων πρὸς Ἐρατοσθένην ἔφοδος*.[3] Sie ist deshalb besonders interessant, weil wir hier zum erstenmal einen Einblick bekommen in die Heuristik eines griechischen Mathematikers; die griechische Mathematik tritt sonst immer in der schweren Rüstung der unangreifbarsten Exaktheit auf. In der Vorrede betont Archimedes den Nutzen der Methode zur Auffindung neuer Sätze (über Flächen- und Rauminhalt krummliniger Gebilde), verwahrt sich aber ausdrücklich dagegen, daß diese durch das mechanische Verfahren bewiesen seien, das mit dem verpönten Begriff des Unendlichen operiert.[4] Die Methode besteht darin, die zu vergleichenden Körper in Flächen zu zerlegen und die Gleichgewichtsverhältnisse dieser Flächen zu bestimmen; indem dann die Körper als die Summe der Flächen betrachtet werden, schließt man aus deren Gleichgewichtsbedingungen auf das Verhältnis der Volumina zueinander. Als Beispiel diene Prop. 2. Es sei (Fig. 4) eine Kugel, deren größter Kreis $AB\Gamma\Delta$, und ein Kegel, dessen Basis der Kreis um den Durchmesser ΔB. Die krumme Oberfläche des Kegels sei verlängert, so daß der Kegel als Basis den Kreis um ZE bekommt, und auf diesem Kreis sei ein Zylinder $HZE\Lambda$ errichtet. Sodann lege man durch alle drei Körper einen senkrechten Schnitt, der in ihnen Kreise hervorbringen wird, im Zylinder um MN, in der Kugel um ΞO, im Kegel um ΠP. Man denke sich $\Theta\Gamma$ als eine Wagestange mit A als Mittelpunkt. Nun läßt sich durch die Sätze der Gleichgewichtslehre, die als bewiesen vorausgeschickt sind, nachweisen, daß der Kreis MN in Gleichgewicht sein wird mit den beiden

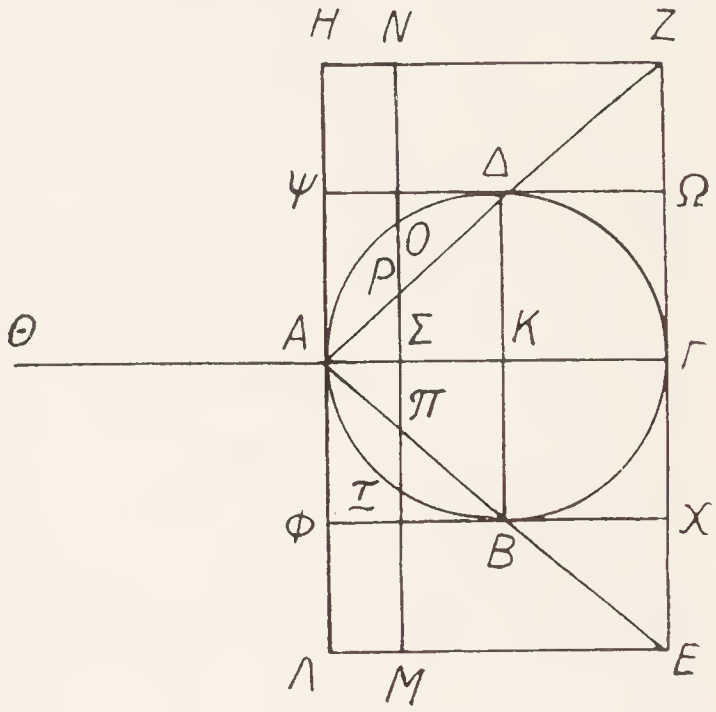

Fig. 4

[1] Archimedis Opp.[2] II S. 220, 21: *Φειδίου τοῦ ἁμοῦ πατρός*. Vgl. R. Förster, NJb. CXXXIII S. 678.

[2] Ueber seine mutmaßliche wissenschaftliche Entwicklung s Heiberg, Das Weltall 1909, S. 161 ff., 184 ff.

[3] Bisher nur aus Zitaten bei Heron, Metr. S. 80, 84, 130 (*ἐν τῷ Ἐφοδικῷ*) bekannt, die vom Wesen des Buches nichts ahnen ließen.

[4] Archimedis Opp.[2] II S. 426 ff. Daher heißt es nicht *δείκνυται*, sondern *θεωρεῖται*.

Kreisen ΞO, ΠP um Θ als Schwerpunkt angebracht, und dasselbe wird von allen entsprechend hervorgebrachten Kreisen gelten, also auch von ihren Summen, den drei Körpern. Dann folgt durch einfache Rechnung mit Benutzung der bei Euklid bewiesenen Sätze über Volumina der Kegel und Zylinder, daß die Kugel $AB\Gamma\Delta$ viermal so groß ist als der Kegel $AB\Delta$, der Zylinder $\Phi X\Omega\Psi$ $^3/_2$ der Kugel.

Wie man sieht, entspricht die Methode tatsächlich der Infinitesimalrechnung der modernen Mathematik.

Die Abhandlung schließt mit zwei Kubaturen, als deren Eigentümlichkeit hervorgehoben wird (Opp. II S. 428, 7 ff.), daß sie die Gleichheit des Rauminhalts krummflächiger Körper mit solchen, die von ebenen Flächen begrenzt sind, aussagen: daß ein Zylinderhuf $^1/_6$ ist des um den Zylinder umschriebenen Prismas, und daß der Körper, der durch die Durchdringung zweier Zylinder in einem Würfel entsteht, $^2/_3$ des Würfels ist. Beide Sätze waren sowohl auf mechanischem Wege erschlossen als geometrisch bewiesen, aber der zweite ist ganz, der erstere zum Teil verloren durch Verstümmelung der Hs.

Als sein erstes Ergebnis *διὰ τῶν μηχανικῶν* nennt Archimedes (II S. 430, 19 ff.) die Quadratur eines Parabelsegments, die er in einer erhaltenen Monographie sowohl auf mechanischem Wege als rein geometrisch bewiesen hat. Darauf geht er daran, die früher gefundenen und dem Konon mitgeteilten Sätze strenge zu beweisen durch die für solche Volumenbestimmungen allein als exakt anerkannte Exhaustionsmethode. Da Konon inzwischen gestorben ist, dediziert er diese Schriften dem alexandrinischen Astronomen Dositheos. Zunächst gibt das erste Buch *Περὶ σφαίρας καὶ κυλίνδρου* die Beweise für die Sätze, deren Bedeutung er selbst mit berechtigtem Stolz hervorhebt (der zuletzt genannte war durch die Figur auf seinem Grabmal verewigt), daß die Oberfläche der Kugel viermal so groß ist als der größte Kreis (I 33), daß die Oberfläche eines Kugelsegments einem Kreise gleich ist, dessen Radius die vom Scheitelpunkt zum Umkreis der Basis gezogene Gerade ist (I 42—43), und daß der Rauminhalt eines Zylinders, dessen Basis der größte Kreis und dessen Höhe dem Durchmesser gleich ist, $^3/_2$ der Kugel ist, sowie auch seine Oberfläche $^3/_2$ der Kugeloberfläche (I 34). Das später nachgeschickte II. Buch benutzt die Ergebnisse des ersten zur Lösung einer Reihe von schwierigen, auf Kugel und Kugelsegmente sich beziehenden Problemen und schließt (II 9) mit dem Beweis dafür, daß die Halbkugel größer ist als alle Kugelsegmente mit gleicher Oberfläche.

Nach einer längeren Pause, veranlaßt durch die Schwierigkeiten, die einige der Sätze bereiteten,[1] folgt dann das Werk *Περὶ κωνοειδέων καὶ σφαιροειδέων*, d. h. der von den 3 Kegelschnitten erzeugten Umdrehungskörper, die Archimedes selbst in die Mathematik eingeführt hat als Erweiterung seiner Untersuchung über Kegel und Kugel, und deren erschöpfende Behandlung das umfangreiche Buch (32 Sätze) in der elegantesten Weise durchführt, mit völliger Beherrschung der Kegelschnittlehre, wie er auch in einem Lemma zu *Περὶ σφ. καὶ κυλ.* II 4 eine kubische

[1] Archimedis Opp. I S. 246, 5 ff.

Gleichung mittels Kegelschnitte mit großer Virtuosität löst (Eutokios III S. 132 ff.).

In der Zwischenzeit[1] hat er sich „einer andern Gruppe von Problemen, die mit den übrigen nichts zu tun haben“;[2] zugewendet, der Untersuchung der ebenfalls von ihm aufgebrachten Spirale (*ἕλιξ*), die entsteht, wenn in einer Geraden, die sich um den einen Endpunkt dreht, von diesem Endpunkt aus ein Punkt sich gleichzeitig dem andern Endpunkt zu bewegt.

In dieser sehr scharfsinnigen Abhandlung wird u. a. bewiesen (Fig. 5), daß eine auf AB senkrechte Gerade bis zur Tangente der Spirale in B der Kreisperipherie gleich ist. Das ist also eine geometrische Lösung der Kreisquadratur. Dasselbe alte Problem hat Archimedes auch rechnerisch behandelt in einer nur in verkümmerter Fassung[3] erhaltenen Abhandlung, der *Κύκλου μέτρησις*, worin π innerhalb der Grenzen $3^{1}/_{7}$ und $3^{10}/_{71}$ eingeschlossen wird. In einer verlorenen Abhandlung mit dem rätselhaften Titel *Περὶ πλινθίδων καὶ κυλίνδρων* hatte er die Grenzen viel feiner in fünf- bis sechsstelligen Zahlen angegeben; die überlieferten Zahlen sind aber leider verschrieben.[4] Wie er die dabei notwendigen Quadratwurzelausziehungen vorgenommen hat, sagt er nicht, und trotz zahlreichen Bemühungen[5] ist es nicht gelungen, sein Verfahren mit Sicherheit nachzuweisen.

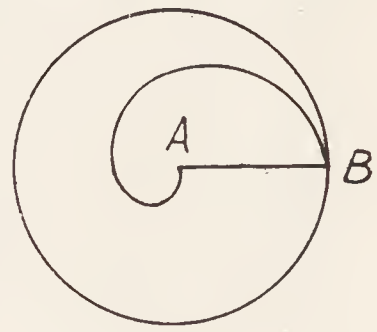

Fig. 5

Jedenfalls zeigen diese Arbeiten bedeutende Rechenfertigkeit und Fähigkeit große Zahlen zu handhaben. Bekanntlich ist das griechische Zahlen- und Zahlzeichensystem für wissenschaftliche Zwecke nicht besonders geeignet. Archimedes hatte ein System zur Benennung beliebig großer Zahlen ausgedacht und in einer besonderen Schrift (*Πρὸς Ζεύξιππον*) dargestellt. Diese ist zwar verloren; aber in der „Sandrechnung“ (*Ψαμμίτης* 3, 1—4) gibt er eine Übersicht des Inhalts. Die Zahlen von 10^{0} — 10^{8} nennt er *πρῶτοι τῆς πρώτης περιόδου*; die zweite Klasse der ersten Periode umfaßt die Zahlen 10^{8} — 10^{16}, und so fort bis zur Klasse 10^{8}, die von $10^{8 \cdot (10^{8} \div 1)}$ bis $10^{8 \cdot 10^{8}}$ geht. Diese Zahl betrachtet er dann als Einheit der zweiten Periode, die bis $10^{16 \cdot 10^{8}}$ reicht, und so fährt er fort bis zur Periode 10^{8}, deren letzte Zahl $10^{8 \cdot 10^{16}}$ ist.

In der genannten populär gehaltenen Abhandlung *Ψαμμίτης*, die an Hierons Sohn, den Prinzen Gelon, dediziert ist, zeigt Archimedes, anspielend auf das sprichwörtliche „zahllos wie Meeressand“, daß schon die Zahlen der 8. Klasse der ersten Periode ausreichen, um die Zahl der Sandkörner anzugeben, wenn man sich die von der Fixsternsphäre begrenzte Kugel, deren Durchmesser zu $100 \times$ *μυριάκις μυριάδες* Stadien gerechnet, mit Sand gefüllt denkt.

[1] Ebd. II S. 8, 13.

[2] Ebd. II S. 8, 15: *ὥσπερ ἄλλο τι γένος προβλημάτων οὐδὲν ἐπικοινωνέοντα τοῖς προειρημένοις*. Vgl. Pappos IV 31—38. Daß Konon auf die *ἕλιξ* aufmerksam gemacht habe (IV 30), scheint Mißverständnis zu sein.

[3] Vgl. Archim. Opp. II S. 542.

[4] S. Archim. Opp. II S. 542.

[5] S. Günther, Die quadratischen Irrationalitäten der Alten und ihre Entwickelungsmethoden, AbhGMath. IV. Leipzig 1882. Spätere Literatur verzeichnet Loria a. O. S. 321 Anm.

Außer den grundlegenden Arbeiten über Mechanik und Hydrostatik, wovon später, sind noch Fragmente einer merkwürdigen Schrift *Στομάχιον*[1] erhalten; sie gibt die mathematische Theorie eines noch heute vorkommenden Spielzeugs, das aus 14 Figuren besteht, die sowohl zu einem Quadrat als zu allerlei Bildern von Gegenständen zusammengelegt werden können.

Die erhaltenen Schriften bringen neben ihrem geometrischen Hauptinhalt gelegentlich auch Hilfssätze, die zur Arithmetik gehören, besonders über Proportionen und Reihen;[2] so enthält *Περὶ ἑλίκων* 10 die Formel für die Summe der Reihe der Quadratzahlen. ·Auch ein trigonometrischer Satz kommt vor.[3]

Unter dem Namen des Archimedes gibt es ein Epigramm, als *Ἀρχιμήδους πρόβλημα βοεικόν* im Altertum bekannt.[4] Es verlangt die Berechnung der Anzahl der Sonnenrinder aus 9 Gleichungen, die auf sehr große Zahlen führen. Nach der Überschrift soll es in einem Briefe des Archimedes an Eratosthenes den alexandrinischen Gelehrten zugeschickt sein, und diese Übereinstimmung mit den oben angeführten Tatsachen sowie die Art der gestellten Aufgabe spricht dafür, daß das Problem selbst (aber nicht die epigrammatische Fassung) wirklich von Archimedes stammt.

Arabisch ist ferner eine bunte Sammlung von Sätzen erhalten, woran Archimedes' Name geknüpft ist, der Liber assumptorum (d. h. *λήμματα*).[5] In der vorliegenden Gestalt kann sie nicht von Archimedes herrühren, schon weil er ein paarmal mit Namen angeführt wird; es ist aber nicht ausgeschlossen, daß einige der recht hübschen Sätze ihm gehören, so namentlich Propp. 4—6, die sich mit der Figur beschäftigen, „die Archimedes *ἄρβηλος* (Schustermesser, Fig. 6) nennt“,[6] und die damit verwandte

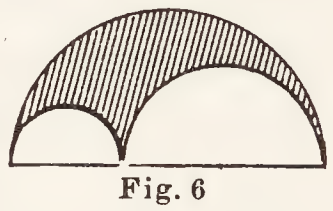

Fig. 6

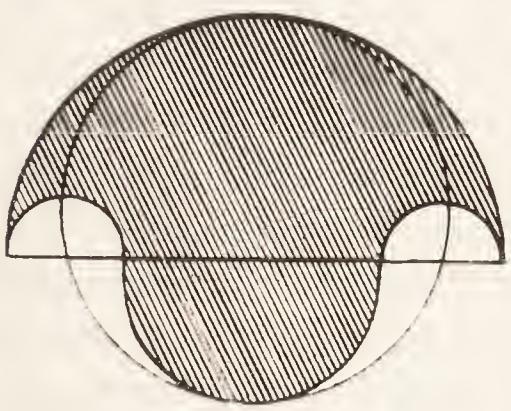

Fig. 7

Figur Prop. 14, „die Archimedes Salinon (Fig. 7)[7] nennt“. Diese Sätze könnten aus einer nur in arabischen Quellen erwähnten Schrift De circulis sese inuicem tangentibus (vgl. Prop. 1) stammen, aber solche Angaben der Araber sind im allgemeinen wenig zuverlässig. Sie nennen auch andere Schriften des Archimedes, von denen niemand sonst etwas weiß.[8] Dagegen haben wir bei Pappos und sonst zuverlässige Nachricht mit Inhaltsangabe über eine verlorene Schrift von den 13 halbregulären Polyedern[9] und über mehrere mechanische und astronomische Arbeiten.

[1] Wohl „Neckspiel“ (*στόμαχος* = *ira* Vettius Valens V 7; vgl. *stomachari*). Außer griechischen Bruchstücken des Anfangs ist der Schlußsatz arabisch erhalten (Opp. II S. 416 ff.). Das Spielzeug ist als *loculus Archimedius* anschaulich beschrieben von lateinischen Grammatikern (ebd. S. 417 Anm.).

[2] Zusammengestellt Heiberg, Quaestiones Archimedeae, Hauniae 1879, S. 44—58.

[3] *Ψαμμίτης* I 21 (Opp. II S. 233 Anm. 1).

[4] Die Literatur ist verzeichnet Archim. Opp. II S. 528 f.

[5] Archim. Opp. II S. 510 ff.

[6] Pappos IV 19 kennt sie als *ἀρχαία πρότασις* und hat mehr darüber (Archim. Opp. II S. 513 Anm. 2, 516 Anm. 3).

[7] Vermutungen über die Bedeutung des Namens Archim. Opp. II S. 523 Anm. 1.

[8] Quaestiones Archimedeae S. 29 ff. Vgl. Archim. Opp. II S. 536.

[9] Archim. Opp. II S. 536—541, Fragm. 1 bis 3. Vielleicht gehören dahin auch Fragm. 7—8.

Die Darstellungsform des Archimedes ist dem Inhalt würdig, knapp und klar. Daß er gegen alle literarischen Gewohnheiten des Zeitalters der *Κοινή* den gemilderten dorischen Dialekt seiner Heimat benutzt, gehört wie seine Vorreden und Schriften wie *Ψαμμίτης* und *Στομάχιον* zu den Zügen, die den eigenartigen, von jeder Schulmäßigkeit unabhängigen Mann charakterisieren. Der den byzantinischen Abschreibern ungewohnte Dialekt ist in unsrer Überlieferung nicht gut erhalten;[1] in den am meisten gelesenen Schriften, *Περὶ σφαίρας καὶ κυλίνδρου* und *Κύκλου μέτρησις*, ist er sogar geflissentlich ganz vertrieben, ohne Zweifel von Isidoros aus Milet, einem der Baumeister der Sophienkirche, der für seine Schule eine Ausgabe dieser Schriften nebst den Kommentaren seines Zeitgenossen Eutokios aus Askalon besorgt hatte, durch welche allein sie für uns gerettet sind.[2] Bei dieser Herausgabe hat Isidoros sich auch viele verdeutlichende Zusätze erlaubt.

Die Überlieferung war schon im Altertum zerrüttet. Schon im 2. Jahrh. fehlte in *Περὶ σφ. καὶ κυλ.* II 4 die Analyse und Synthese eines Problems, auf die Archimedes selbst verweist; erst Eutokios hat sie wiedergefunden, aber in einer anderen Hs., nicht an ihrer ursprünglichen Stelle.[3] Dieser Fall könnte darauf deuten, daß Archimedes' Werke nicht sofort in den regelmäßigen Buchhandel hineinkamen; er übersandte sie ja persönlich seinen Freunden. Natürlich wurden sie dann einzeln vervielfältigt, und eine Sammlung ist nicht nachweisbar vor der Ausgabe des Isidoros (6. Jahrh.); Eutokios, der auch die zwei Bücher *Ἐπιπέδων ἰσορροπίαι* kommentiert hat, kannte weder *Περὶ ἑλίκων* noch *Τετραγωνισμὸς παραβολῆς*. An jene Ausgabe haben dann die Byzantiner nach und nach angeschlossen, was sie auftreiben konnten; die gangbarsten Schriften ließ Leon, der im 9. Jahrh. die Universität Konstantinopel wiederherstellte, in eine Hs. vereinigen, die Stammutter des Hauptzweigs unsrer Überlieferung ist; sie ist erst im 16. Jahrh. verloren gegangen und läßt sich aus mehreren Renaissanceabschriften mit völliger Sicherheit rekonstruieren. Wir sind auch imstande, die merkwürdigen Schicksale dieser Hs. zu verfolgen. Sie war schon im 12. Jh. in Italien und kam mit der Bibliothek der Hohenstaufen 1266 in die des Papstes. Hier benutzte der bekannte Übersetzer Wilhelm von Moerbecke sie in Viterbo 1269, dessen lateinische Übersetzung in seinem Originalexemplar vorliegt (cod. Ottobon. lat. 1850), und noch 1311 ist sie im Katalog der päpstlichen Bibliothek verzeichnet. Dann ist sie verschollen, bis sie 1423 in den Händen des Handschriftenhändlers Rinuccis auftaucht. Durch ihn konnte Papst Nicolaus V. danach eine lateinische Übersetzung von Jacobus Cremonensis anfertigen lassen. Später finden wir die Hs. bei Georg Valla in Venedig, dessen Bibliothek an Alberto Pio, Fürsten von Carpi, kam, dessen Bücher sein Neffe Rodolfo Pio 1530 erbte; bei dem ist sie 1544 nachweisbar, aber 1564 nicht mehr vorhanden.

In der Bibliothek der Päpste in Viterbo war 1269 noch eine Hs. einiger Werke des Archimedes vorhanden, die Wilhelm ebenfalls benutzt hat; es

[1] Archim. Opp. II S. X—XVIII.
[2] Archim. Opp. III S, XCIII. Ueber Eutokios ebd. S. XCII.
[3] Archim. opp. III S. 130 ff.

scheint eine Sammlung griechischer Mechanik gewesen zu sein und enthielt u. a. die 2 Bücher *Περὶ ὀχουμένων*, die bei Leon fehlten. Daß es ihm auch sonst nicht gelungen war, alle noch vorhandene Werke in Konstantinopel aufzutreiben, beweist die aus Palästina stammende Hs., die allein die *Ἔφοδος* und das *Στομάχιον* gerettet hat; sie enthielt als Anfang die Ausgabe des Isidoros.

Die in Italien im 16. Jahrh. verbreiteten Hss. haben großes Interesse hervorgerufen und sind von vielen Führern der Renaissance studiert worden, u. a. von Leonardo da Vinci; Teile der Übersetzung Wilhelms wurden von Lucas Gauricus 1503 und Tartaglia 1543 gedruckt (*Περὶ ὀχουμένων* mit Hinzufügung des 2. Buchs aus seinen Papieren von Troianus Curtius 1565), von diesem unter Vorspiegelung einer griechischen Vorlage.[1] Der griechische Text erschien erst (mit der Übersetzung des Jacobus Cremonensis) zu Basel 1544 nach einer Hs. in Nürnberg, die Wilib. Pirckheymer aus Rom erworben hatte; sie ist nach der Übersetzung Wilhelms interpoliert. Schon vor der Ausgabe des Isidoros hatte der Text der meisten Schriften unter Interpolation gelitten.[2] Für die römische Welt hatte erst Boetius einiges übersetzt (Cassiodor., Var. I 45); die Araber dagegen bemühten sich seit dem 9. Jahrh. eifrig um Archimedes und seine Werke.[3]

13. Archimedes handhabt die Kegelschnitte mit großer Virtuosität zur Lösung von Problemen höherer Ordnung; aber der systematische Aufbau der Kegelschnittlehre konnte noch vervollkommnet werden. Das hat Apollonios (aus Perge in Pamphylien, um 200),[4] für das Altertum abschließend, getan in seinen *Κωνικά*, wovon die 4 ersten Bücher griechisch erhalten sind, Buch V—VII nur in arabischer Übersetzung; Buch VIII ist verloren.

Apollonios hatte in Alexandria bei den Schülern des Eukleides studiert (Pappos VII 35) und hat auch später dort Unterricht gegeben, aber auch Pergamon besucht.[5] Seine Kegelschnittlehre hat er ursprünglich in Alexandria vorgetragen und einen ersten Entwurf in 8 Büchern dem Mathematiker Naukrates übergeben; die ersten 2 Bücher waren in nicht durchgearbeiteter Gestalt durch Zuhörer in Umlauf gekommen. Was uns vorliegt, ist die authentische abschließende Ausgabe.[6] Wenn nur 4 Bücher

[1] Die Belege für die Ueberlieferungsgeschichte sind gesammelt in den Prolegomena zu Archim. Opp. III².

[2] Archim. Opp. III S. XCIII ff. Kritische Ausgabe von Heiberg I—III, ² Leipzig 1910—15. Deutsche Uebersetzung von Nizze, Stralsund 1824, englische von Heath, Cambridge 1897.

[3] Archim. Opp. III S. XCV ff.

[4] Seine Lebenszeit (*γέγονε*) setzte der Biograph des Archimedes Herakleios (Herakleidas) unter Ptolemaios Euergetes (Eutokios in Apollon. II S. 168); daß damit eine obere Grenze bezeichnet ist, ergibt sich daraus, daß sein Freund, der Mathematiker Eudemos, dem er die ersten Bücher der *Κωνικά* dediziert hat, Lehrer des Epikureers Philonides war, der mit Antiochos Epiphanes und den Stoikern Karneades und Diogenes Babylonios verkehrte (Crönert, Berl. Ak. Sbb. XLI S. 942 ff.); Apollonios hatte den jungen Philonides dem Eudemos „vorgestellt“, d. h. als Schüler empfohlen, bei einem Zusammentreffen in Ephesos (Conic. II praef.). Der Attalos, dem er nach dem Tode des Eudemos Buch IV—VII (VIII) übersandte, kann der König Attalos I von Pergamon sein.

[5] Conic. I praef. (an Eudemos): *καθ' ὃν δὲ καιρὸν ἤμην μετά σου ἐν Περγάμῳ . . . . ἀξιωθεὶς ὑπὸ Ναυκράτους τοῦ γεωμέτρου, καθ' ὃν καιρὸν ἐσχόλαζε παρ' ἡμῖν παραγενηθεὶς εἰς Ἀλεξάνδρειαν.* Conic. II praef.: *ἐάν ποτε ἐπιβαλῇ* (Philonides) *εἰς τοὺς κατὰ Πέργαμον τόπους, μετάδος αὐτῷ* zeigt, daß er auch damals nicht in Pergamon war (sondern ohne Zweifel in Alexandria); der Ueberbringer des Buchs (an Eudemos) ist hier sein (erwachsener) gleichnamiger Sohn.

[6] Conic. I S. 2

griechisch erhalten sind, hängt das damit zusammen, daß wir nur die von Eutokios besorgte und mit Randscholien[1] versehene Ausgabe besitzen; Eutokios hatte zwar die Absicht, auch die 4 letzten Bücher in derselben Weise herauszugeben (in Apollon. II S. 356), scheint aber nicht dazu gekommen zu sein; daß er die 4 ersten für sich herausgibt, begründet er (a. O. S. 354) damit, daß Apollonios selbst (Con. I S. 4) sagt, daß sie *πρὸς τὴν ἀγωγὴν τὴν στοιχειώδη* genügen, während die übrigen *περιουσιαστικώτερα* seien. Apollonios sieht selbst voraus, daß wegen der unregelmäßigen Form der Veröffentlichung verschiedene Fassungen des Werks in Umlauf sein können (Con. I S. 2, 18); und tatsächlich hat Eutokios solche Abweichungen in der Beweisform in den von ihm benutzten Hss. vorgefunden und sorgfältig in seinem Kommentar verzeichnet (in Apollon. II S. 176). Daß er dabei für seine Textgestaltung immer die richtige Auswahl getroffen haben sollte, kann natürlich nicht vorausgesetzt werden; eine gewisse Kontrolle ermöglichen die Lemmata des Pappos (VII 233—311).[2] Von den Studien der Byzantiner legen nicht nur die erhaltenen Hss.[3] Zeugnis ab, sondern auch die nach Eutokios entstandenen Interpolationen (Con. II S. LXII ff.), die namentlich im 13. Jahrh. üppig wuchern.[4] Bei den Römern findet sich keine Spur von Bekanntschaft mit Apollonios; dagegen haben die Araber im 10. Jahrh. die *Κωνικά* übersetzt, und zwar nicht nur die 4 ersten Bücher nach der Ausgabe des Eutokios, sondern auch die Bücher V—VII.[5] Aus arabischer Quelle hat das okzidentalische Mittelalter eine dürftige Kunde von dem Inhalt des Werks geschöpft, ohne damit etwas anfangen zu können (Con. II S. LXXIII ff.). Eine griechische Hs. brachte Filelfo 1427 nach Italien, und bald erschienen dort lateinische Übersetzungen der 4 ersten Bücher,[6] zunächst einige Bruchstücke bei Georg Valla, De expetendis et fugiendis rebus (Venet. 1501), dann vollständig von Joh. Bapt. Memus (Venet. 1537). Die Schwächen dieser Übersetzung hob Maurolycus hervor, der selbst eine vorbereitete. Ausgezeichnet und mit guten Erläuterungen versehen ist dagegen die Übersetzung von F. Commandinus (Bononiae 1566), worauf die kommentierte Ausgabe von Cl. Richardus fußt (Antverpiae 1655). Der griechische Text erschien erst zu Oxford 1710 durch Edm. Halley, der auch eine lateinische Übersetzung der Bücher V—VII hinzufügte nach arabischen Hss. und außerdem eine Wiederherstellung des VIII. Buchs. Kritische Ausgabe der 4 ersten Bücher von Heiberg (I—II, Lipsiae 1891—93). Eine deutsche Übersetzung von Balsam, Berlin 1861, eine englische von Heath, Cambridge 1896. Lemmata dazu Pappos VII 236 ff., zu Buch V—VIII ebd. VII 273 ff. Außer Eutokios hatten auch Serenos und Hypatia die *Κωνικά* kommentiert (s. Conic. II S. 166—67). Bruchstücke der Bücher V—VI Conic. II S. 103 f. (Fragm. 3—6).

Über den Inhalt des Werks und die dabei erzielten Fortschritte spricht

[1] Conic. II S. LVII f.
[2] Conic. II S. LVIII ff.
[3] Vat. Gr. 204 saec. X einzige Quelle für Eutokios, Vat. Gr. 206 s. XII Hauptquelle für den Text des Apollonios, Vat. Gr. 203 und eine Hs. in der Serailbibliothek s. XIII.
[4] Cod. Paris. Gr. 2342 s. XIII. in einem Athoskloster geschrieben, s. Conic. II S. XXXI ff.
[5] L. Nix, Das fünfte Buch der Conica des Apollonius von Perga, Leipzig 1889. Apollonius, Conic. II S. LXX ff.
[6] Conic. II S. LXXX ff.

sich Apollonios selbst ausführlich aus in den interessanten Vorreden zum 1. und 4. Buch.[1] Danach geben die 4 ersten Bücher, wie gesagt, die Grundlegung der Lehre. Buch I enthält die Erzeugung der drei Kegelschnitte und ihre *ἀρχικὰ συμπτώματα*, die den Scheitelgleichungen der heutigen Mathematik entsprechen, „in größerem Umfang und allgemeinerer Fassung als in den bisherigen Darstellungen“. Die hier angedeuteten Neuerungen zeigen sich gleich in der Definition der Kegelfläche; sie entsteht, wenn eine Gerade sich in einem ihrer Punkte so dreht, daß ihre Endpunkte nach beiden Seiten desselben einer Kreisperipherie folgen (Conic. I Defin. 1, Fig. 8). Indem er so vom Doppelkegel ausgeht, kommt er auf den bisher nicht berücksichtigten zweiten Hyperbelast, wodurch er imstande wurde, die Sätze in voller Allgemeinheit zu formulieren; die beiden Äste zusammen, die er als eine Kurve behandelt, nennt er *αἱ ἀντικείμεναι*. Seine neue Definition und Erzeugungsweise der Schnitte in jedem beliebigen Kegel findet ihren Ausdruck in den von ihm geschaffenen Namen *παραβολή, ὑπερβολή* und *ἔλλειψις*, während man bisher den Schnitt immer senkrecht auf die Seitenlinie des Kegels gelegt hatte und die Kurven daher als *ὀρθογωνίου, ἀμβλυγωνίου* und *ὀξυγωνίου κώνου τομή* bezeichnete.[2] Zwar wußte wenigstens Archimedes schon, daß alle drei Kurven in jedem Kegel erzeugt werden können; aber die neue Behandlungsweise bedeutete doch einen methodischen Fortschritt. Das Verfahren des Apollonios entspricht überhaupt seinem Wesen nach der modernen analytischen Geometrie, nur daß deren algebraische Gleichungen durch geometrische Operationen mit Flächen (*παραβολή*) ersetzt sind.[3]

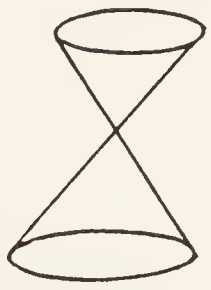

Fig. 8

Das II. Buch behandelt die Axen und Durchmesser der Kurven nebst den Asymptoten der Hyperbel; vom III. Buch sagt Apollonios, daß es „viele überraschende Sätze“ enthalte, die meist neu sind und zur Bestimmung der *τόποι στερεοί* nützlich, besonders des *τόπος ἐπὶ τρεῖς καὶ τέσσαρας γραμμάς*, den Euklid nur unvollständig behandelt habe (Con. I S. 4);[4] es werden Sekanten und Tangenten der Kurven sowie die Brennpunkte der Ellipse und Hyperbel behandelt. Im IV. Buch werden die Schnittpunkte der Kegelschnitte miteinander und mit dem Kreise und damit zusammenhängende Sätze erörtert, in Berichtigung und Ergänzung der Arbeiten von Konon und Nikoteles. Von den „weitergehenden“ (*περιουσιαστικώτερα* Con. I S. 4, 22) 4 letzten Büchern handelt das V. von den möglichst kleinsten und möglichst größten Geraden, die man von einem gegebenen Punkte an einen Kegelschnitt ziehen kann, das VI. von Ähnlichkeit der Kegelschnitte, beide mit vielen neuen Ergebnissen; wie in den betreffenden Vorreden hervorgehoben wird. Das VII. Buch behandelt die konjugierten Durch-

[1] Wenn Pappos VII 34 hierin nörgelnde Prahlerei findet in Gegensatz zu dem Bilde des bescheidenen und rücksichtsvollen Eukleides, das er eigenmächtig konstruiert, beruht das auf Mißdeutung. Die Plagiatbeschuldigung, die Herakleios (Herakleidas) gegen Apollonios gerichtet hatte, weil er bei Archimedes viele seiner Sätze vorfand, hat schon Eutokios (in Apollon. II S. 168) genügend zurückgewiesen.

[2] Vgl. Geminos bei Eutokios in Apollon. II S. 168, in Archim. III S. 132; Pappos VII 30—31.

[3] Hauptwerk: H. G. Zeuthen, Die Lehre von den Kegelschnitten im Altertum, Kopenhagen 1886, worauf für näheren mathematischen Aufschluß hingewiesen sei.

[4] Zeuthen a. O. S. 126 ff.

messer; das verlorene VIII. endlich enthielt Probleme, die durch Kegelschnitte gelöst waren, nach der Vorrede zu VII besonders durch dieses Buch vorbereitet.

Außer seinem Hauptwerk, den *Κωνικά*, hat Apollonios zahlreiche Monographien geschrieben, worin er eine Reihe von Problemen der höheren Geometrie alle mögliche Fälle erschöpfend in modern anmutender Verallgemeinerung behandelte; sie sind alle verloren bis auf eine, die in arabischer Bearbeitung vorliegt; aber die namentlich bei Pappos erhaltenen Mitteilungen und Hilfssätze dazu erlauben, wenn nicht eine Wiederherstellung, so doch eine Vorstellung vom Inhalte im allgemeinen.

Als zum *τόπος ἀναλυόμενος* gehörend zählt Pappos (VII 3) folgende Schriften von ihm auf: *λόγου ἀποτομή* 2 Bücher, *χωρίου ἀποτομή* 2 Bücher, *διωρισμένη τομή* 2 Bücher, *ἐπαφαί* 2 Bücher, *νεύσεις* 2 Bücher, *τόποι ἐπίπεδοι* 2 Bücher.

Den Inhalt der 2 Bücher *λόγου ἀποτομῆς* faßt Pappos VII 5—6 in diesem Problem zusammen: durch einen gegebenen Punkt eine Gerade zu ziehen, die von zwei der Lage nach gegebenen Geraden in gegebenen Punkten zwei Stücke abschneiden, die ein gegebenes Verhältnis haben; Lemmata dazu gibt er VII 43—67. Die arabische Bearbeitung der Schrift ist in lateinischer Übersetzung herausgegeben von Halley (Oxonii 1706), deutsch von Diesterweg (Berlin 1824). Enge verwandt mit dieser Abhandlung waren die 2 Bücher *χωρίου ἀποτομῆς*; die abgeschnittenen Stücke der gegebenen Geraden sollen nur nicht ein gegebenes Verhältnis haben, sondern ein gegebenes Rechteck bilden.[1] Auch die Bücher *διωρισμένης τομῆς* behandelten ein ähnliches Problem, die Teilung einer Geraden in Stücke, deren Quadrate oder Rechtecke unter sich oder zu einem gegebenen Rechteck ein gegebenes Verhältnis haben.[2] Wo er seine Methode zur Auffindung zweier mittleren Proportionalen mitgeteilt hatte, ist unbekannt; sie ist in zwei etwas abweichenden Fassungen erhalten (Conic. II S. 104 ff., Fragm. 7—9); das Problem wird als gelöst vorausgesetzt Conic. V 52 (S. 37, 8 Halley).

Von etwas anderer Art sind die *τόποι ἐπίπεδοι*, die von Geraden und Kreisbogen als geometrischen „Örtern“ handelten,[3] und die 2 Bücher von „Berührungen“, worin das Problem „durch 3 gegebene Punkte einen Kreis zu ziehen, der drei der Lage nach gegebene Geraden oder Kreise berührt“, alle Einzelfälle erschöpfend gelöst war.[4]

Unter *νεῦσις* versteht man die Neigung einer Geraden auf einen gegebenen Punkt zu; das Problem, das die *νεύσεις* des Apollonios behan-

[1] Pappos VII 7—8, vgl. VII 232 S. 918, 11. Vgl. Heron, Metr. III 10, 13, 15. Halley in der oben genannten Ausgabe der *λόγου ἀποτομή*. Eine Restitution gibt Diesterweg, Elberfeld 1827. Vgl. Zeuthen a. O. S. 344 ff.

[2] Pappos VII 9—10. Zur Wiederherstellung (nach mehreren Vorgängern) Diesterweg, Die Bücher des Apollonius von Perga De Sectione determinata, Mainz 1822. Vgl. Pappos VII 142 S. 798, 11; 144 S. 802, 13; 804, 14. Zeuthen a. O. S. 195 ff. Lemmata dazu Pappos VII 68 ff.

[3] Pappos VII 21—26, wo die Sätze aufgeführt sind. II 2 ist ganz erhalten bei Eutokios in Conic. II S. 180 ff. Fragm. 22 bis 25. Lemmata dazu Pappos VII 185 ff.

[4] Pappos VII 11—12. Camerer, Apollonii De tactionibus quae supersunt, Gothae 1795 (dort auch die früheren Versuche). Vgl. Zeuthen a. O. S. 380 ff. Lemmata dazu Pappos VII 158 ff.

delten, war: zwischen zwei der Lage nach gegebenen Geraden eine dritte der Größe nach gegebene so zu legen, daß sie auf einen gegebenen Punkt zu neigt.[1] Solche „Einschiebungen“ lassen sich teils elementargeometrisch, teils durch Kegelschnitte exakt ausführen. Archimedes benutzt sie ein paarmal als Hilfssätze ohne besonderen Beweis,[2] und man hat vermutet, daß Einschiebung auf mechanischem Wege ausgeführt, ursprünglich als ein erlaubtes Hilfsmittel neben Zirkel und Lineal gegolten hat und die Forderung einer exakten Konstruktion, wie sie von Apollonios gegeben war, erst später aufgekommen ist.[3]

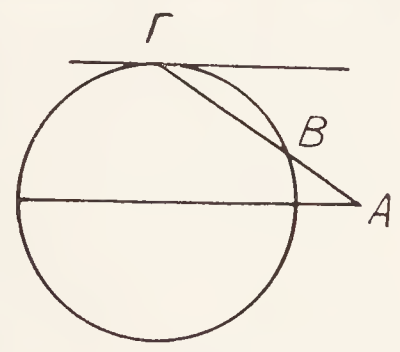

Fig. 9

Die übrigen mathematischen[4] Schriften des Apollonios, wovon wir Nachrichten haben, führten z. T. Untersuchungen des Eukleides weiter, wie die Abhandlung über „unregelmäßige irrationale Größen“, wovon Pappos in seinem arabisch erhaltenen Kommentar zum X. Buch der „Elemente“ einiges mitteilt,[5] und die nur bei Hypsikles (Euclidis Opp. V S. 2 ff., Fragm. 28—29) erwähnte *σύγκρισις τοῦ δωδεκαέδρου καὶ τοῦ εἰκοσαέδρου*, die in zwei Ausgaben vorlag. Anderes ist durch Archimedes angeregt, wie *Περὶ τοῦ κοχλίου*, von der in einer Zylinderfläche gebildeten „Schneckenlinie“ (*ἕλιξ*),[6] und das *Ὠκυτόκιον*, „Schnellrechner“, worin zur Bestimmung großer Zahlen ein System geschaffen war, das dem von Archimedes im *Ψαμμίτης* dargestellten ähnlich ist; die Beweise waren *διὰ γραμμῶν* geführt, d. h. allgemein, wie in den arithmetischen Büchern Euklids. Seine genauere Bestimmung von π war vielleicht darin enthalten.[7]

Vom höchsten Interesse scheint ein Werk gewesen zu sein, das als *ἡ καθόλου πραγματεία* zitiert wird; nach den Fragmenten scheint Apollonios darin die Grundlagen der Geometrie einer Revision unterzogen zu haben, indem er einige der Euklidischen Axiome zu beweisen suchte und Wesen und Form der Definitionen diskutierte; von der Tendenz bekommt man eine Vorstellung durch die Nachricht, daß er den Begriff der Linie durch einen Hinweis auf die Grenze zwischen Licht und Schatten zu veranschaulichen suchte.[8]

14. Aus Apollonios ersieht man, daß Pergamon auch in der Mathematik mit Alexandria zu rivalisieren versuchte. Aber von den pergamenischen Mathematikern, mit denen er in Verbindung steht, Eudemos und Naukrates (Conic. I praef.), ist sonst nichts bekannt. Der ebenfalls von ihm

[1] Pappos VII 27—28, wo die Sätze aufgeführt werden. Wiederhergestellt von Horsley 1770 und Burrow 1779, deutsch nach Horsley von Diesterweg, Berlin 1823. Vgl. Zeuthen S. 261 ff. Lemmata dazu Pappos VII 120 ff.

[2] *Περὶ ἑλίκων* 5—7. In der obenstehenden Figur 9 z. B. soll die gegebene Gerade *AB* zwischen dem verlängerten Durchmesser und der Peripherie so gelegt werden, daß sie den Berührungspunkt *Γ* trifft (*νεύει πρὸς τὸ Γ σημεῖον*).

[3] Zeuthen a. O. S. 262.

[4] Er war auch in der Astronomie und Optik tätig, wovon unten.

[5] *Περὶ τῶν ἀτάκτων ἀλόγων* Proklos in Eucl. S. 74. Woepcke, Mémoires présentés à l'Acad. d. sc. 1856 (XIV). Fragm. 30—35.

[6] Fragm. 26—27. Hierher gehört wohl auch die Kurve, die er *κοχλιοειδοῦς ἀδελφή* nannte und zur Quadratur des Kreises benutzte; sie soll dieselbe gewesen sein als die *τετραγωνίζουσα* des Nikomedes (Simplikios in Aristot. Phys. I S. 60, 30 ed. Diels).

[7] Pappos II 1—18. Eutokios in Archim. III S. 258, 16 ff. Fragm. 36—50.

[8] Fragm. 51—58 (meistenteils aus dem Euklidkommentar des Proklos).

erwähnte Philonides (Conic. II praef.) ist deshalb merkwürdig, weil er, obgleich Epikureer, sich für Mathematik interessierte;[1] Epikuros selbst hielt die Mathematik für nutzlos und bekämpfte sie.[2] Auch die andere herrschende Philosophenschule, der Stoizismus, beschäftigte sich anfangs wenig mit exakter Wissenschaft, und der zunehmende Einfluß der Römer war ebenfalls für diese Studien ungünstig.

Es wurde dennoch in der Mathematik weiter gearbeitet in Anschluß an die Ergebnisse der großen Zeit, wenn auch nicht besonders originell. Die Nachrichten fließen ziemlich spärlich, und bei den meisten Mathematikern, deren Namen überliefert sind, ist eine genaue Zeitbestimmung nicht möglich.

Zenodoros, von dem eine interessante Abhandlung *Περὶ ἰσοπεριμέτρων σχημάτων* in Auszug erhalten ist,[3] dürfte derselbe sein, der als Lehrer oder Freund des soeben erwähnten Philonides genannt wird;[4] er ist also Zeitgenosse des Apollonios. Er hatte darin bewiesen, daß von den ebenen Figuren der Kreis, von den Körpern die Kugel bei gleichem Umkreis den größten Inhalt hat (Simplikios in Aristot. de caelo S. 412). Simplikios will diese Sätze schon bei Aristoteles finden, der den Kreis als *πρῶτον τῶν ἐπιπέδων σχημάτων*, die Kugel als *πρῶτὸν τῶν στερεῶν* bezeichnet (De caelo II 286b). Gegen die Historiker, die den Umfang einer Insel nach der Küstenlänge abschätzen, hatten die Mathematiker mit Hinweis auf die von Zenodoros bewiesenen Sätze Einspruch erhoben.[5] Sie sind seitdem Gemeingut.[6]

Als Lehrer des Philonides wird auch ein Dionysodoros erwähnt,[7] nach wahrscheinlicher Vermutung[8] derjenige, der eine selbständige Lösung (mittels Kegelschnitte) von dem Problem, eine Kugel so zu teilen, daß die Stücke ein gegebenes Verhältnis haben (Archimedes, De sph. et cyl. II 4), veröffentlicht hatte (erhalten bei Eutokios in Archim. III S. 152—60), weil er einen von Archimedes versprochenen Hilfssatz nicht mehr bei ihm vorfand.[9] Außerdem hatte er eine Abhandlung *Περὶ τῆς σπείρας* geschrieben, woraus Heron (Metric. II 13 S. 128) einen Satz anführt. Die *σπεῖρα* (Wulst), mit der Eudoxos sich zuerst beschäftigt hatte (oben S. 8) entsteht, wenn ein senkrecht stehender Kreis sich um einen Punkt außerhalb der Peripherie in fester Entfernung herumbewegt. Die spirischen Linien, die durch verschiedene Schnitte durch diesen ringförmigen Körper entstehen, hatte

[1] Usener, Kleine Schriften III S. 188 ff.

[2] Sextus Empiric., Adv. mathem. I 1; Proklos in Eucl. S. 199. Usener, Epicurea fragm. 229a. Den tüchtigen Mathematiker Polyainos hatte er von diesen Studien weggebracht (Cicero, Acad. pr. II 106, De finib. I 20). Fragmente der Wiederlegung der *ἀπορίαι* des Polyainos von einem Demetrios in 2 Papyri aus Herculaneum, ODVS. 1900 S. 149 ff.

[3] Bei Theon zu Ptolemaios S. 33 ff. (ed. Halma). Hultsch, Pappos III S. 1189 ff. Nokk, Zenodorus' Abhandlung über die isoperimetrischen Figuren, Progr. Freiburg 1860. Zenodoros benutzt darin (Prop. 6) die Bezeichnung *κοιλογώνιον* für ein Dreieck mit einspringendem Winkel (Proklos in Eucl. S. 165, 24).

[4] Crönert a. O. S. 954.

[5] Quintilian. I 10, 39 ff. Polybios IX 21. Synesios, De calv. 8.

[6] Proklos in Tim. II S. 71, 76 (ed. Kroll); W. Schmidt, BMa. 1901 S. 7. Andere mathematische Darstellungen Pappos V 1 ff., Anonymus bei Hultsch, Pappos III S. 1138 ff.

[7] Crönert a. O. S. 952.

[8] W. Schmidt, BMa. 1903 S. 321 ff. Bisher hat man ihn gewöhnlich mit dem von Strabon XII 3, 16 erwähnten *μαθηματικός* aus Amisene identifiziert. Ebenda nennt Strabon auch ein *γεωμέτρης* Dionysodoros aus Melos.

[9] Eutokios in Archim. III S. 130, 19; 152, 17 ff. Vgl. oben S. 28.

Perseus (vermutlich II. Jahrh.) eingehend behandelt; in einem (korrumpiert überlieferten) Epigramm dankt er den Göttern wegen seiner Entdeckung.[1]

Die oben erwähnte Lücke bei Archimedes hatte wie Dionysodoros so den etwa gleichzeitigen Mathematiker Diokles dazu veranlaßt, das Problem De sph. et cyl. II 4 in neuer Weise (ebenfalls durch Kegelschnitte) zu behandeln (Eutokios in Archim. III S. 130, 22 ff.). Seine Lösung teilt Eutokios (a. O. S. 160—76) aus seinem Werke *Περὶ πυρίων* (Brennspiegel) mit.[2] In demselben Buch hatte Diokles auch das alte Problem der Konstruktion von zwei mittleren Proportionalen behandelt.[3] Er löst es durch eine besondere Kurve, die auch später in anderer Form auf dasselbe Problem angewandt wurde.[4] Eutokios gibt keinen Namen für seine Kurve an; man hat vermutet, daß es die öfters erwähnte *κισσοειδής* ist, eine geschlossene Kurve mit einer hervorspringenden Spitze, benannt nach ihrer Ähnlichkeit mit einem Eppichblatt;[5] sie ist jedenfalls um diese Zeit erfunden. Auch die hübschen Sätze über die Spirale auf der Kugelfläche, die Pappos IV 53—56 anführt, werden nicht lange nach Apollonios entstanden sein, an dessen Abhandlung *Περὶ τοῦ κοχλίου* sie anknüpfen. Direkt als Weiterführung seiner Untersuchung über Dodekaeder und Eikosaeder bezeichnet Hypsikles (vgl. S. 16) sein Büchlein, das als XIV. Buch der Elemente Euklids[6] in einigen Hss. der *Στοιχεῖα* erhalten ist. Hypsikles, der als Astronom vor Hipparchos in Alexandria tätig war, hatte auch über Polygonalzahlen geschrieben.[7]

Diese immerhin recht bedeutende Nachblüte der großen Zeit der Geometrie welkte hin im Laufe des unruhigen I. Jahrh., wo u. a. die alexandrinische Bibliothek im J. 47 durch Feuer zugrunde ging. Der vielschreibende Stoiker Poseidonios[8] hat sich freilich auch mit Mathematik abgegeben,[9] ihre Grundlagen dem Epikureer Zenon gegenüber verteidigt[10] und neue Definitionen aufgestellt;[11] aber ein positiver Gewinn für die Wissenschaft kam dabei nicht heraus. In seinem Geiste gab später Geminos eine Systematik der Mathematik (oben S. 2, s. Tannery, La géométrie grecque S. 18 ff., wo die Fragmente gesammelt sind), woran das für uns wichtigste die historischen Nachrichten sind.

15. Dagegen haben die Fortschritte der theoretischen und rechnenden Astronomie für die Mathematik neue Gebiete erschlossen. Das älteste erhaltene Lehrbuch der Geometrie der Kugel, die *Σφαιρικά* des Theodosios von Tripolis,[12] ist zwar nur eine Neubearbeitung einer älteren Schrift, die schon Eukleides in seinen *Φαινόμενα* benutzt hat.[13] Aber der hervorragende Astro-

[1] Proklos in Eucl. S. 111—12, wo 3 davon beschrieben werden. Vgl. ebd. S. 356.

[2] Vgl. Zeuthen a. O. S. 248 ff.

[3] Erhalten bei Eutokios in Archim. III S. 66—70.

[4] Von Pappos (Eutokios a. O. S. 74) und Sporos (ebd. S. 78).

[5] Proklos in Eucl. S. 126, 24; 128, 4; 111, 6; 152, 8; 164, 2; 177, 2; 187, 21 (aus Geminos); vgl. noch S. 113, 5. Pappos III 20; IV 58.

[6] Euclidis Opp. V S. 2—36. Die Ueberlieferung ebd. S. VII—VIII.

[7] Diophantos I S. 470, 27; 472, 20.

[8] Strabon XVI 2, 10: *ἀνὴρ τῶν καθ' ἡμᾶς φιλοσόφων πολυμαθέστατος.*

[9] Galenos V S. 652: *ὁ ἐπιστημονικώτατος τῶν Στωϊκῶν διὰ τὸ γεγυμνάσθαι κατὰ γεωμετρίαν.*

[10] Proklos in Eucl. S. 200, 216 ff.

[11] Proklos in Eucl. S. 80, 143, 170, 176.

[12] Neueste Ausgabe von Nizze, Berol. 1852 (ohne handschriftliche Grundlage). Theodosios hatte (Suidas) das *Ἐφόδιον* des Archimedes kommentiert.

[13] Nokk, Ueber die Sphärik des Theo-

nom Hipparchos hatte ein großes Werk (in 12 Büchern) über die Berechnung der Sehnen eines Kreises aus den Winkeln herausgegeben,[1] also trigonometrische Untersuchungen angestellt, wozu bisher nur geringe Ansätze da waren.[2]

Weiter in diese Richtung ging im 1. Jahrh. n. Chr.[3] Menelaos aus Alexandria. Er hatte ein (verlorenes) Werk in 6 Büchern über Berechnung der Sehnen verfaßt.[4] Erhalten ist in arabischer Bearbeitung seine sphärische Trigonometrie, *Sphaerica*, in 3 Büchern,[5] eine vortreffliche, systematische Behandlung der sphärischen Dreiecke. Außer rein astronomischen Arbeiten hatte Menelaos auch Mathematisches geschrieben. Wenn wir von zweifelhaften arabischen Nachrichten absehen, bleibt als gesichert, daß er sich mit der Elementargeometrie abgegeben und einen neuen Beweis für Euklid I 25 gegeben hatte (erhalten bei Proklos in Eucl. S. 345), und daß er sich auch mit Kurven höherer Ordnung beschäftigte; Pappos (IV 58) berichtet, daß er einer der von (den gänzlich unbekannten Mathematikern) Demetrios von Alexandria und Philon von Tyana behandelten Kurven[6] den Namen *ἡ παράδοξος* gegeben hatte.

Seine Sphärik benutzte und ergänzte Ptolemaios, der in seinem astronomischen Hauptwerk, der *Μαθηματικὴ σύνταξις*, eine Chordentafel für die Bögen von $^1/_2{}^0$—180° Grad gibt (I 11) und vorher die Methode der Berechnung erläutert (I 10) und die nötigen Hilfssätze, u. a. den berühmten „ptolemäischen Lehrsatz“ (S. 36, 9 ff.), beweist. Auch Ptolemaios ist auf mehreren Gebieten tätig; wir werden ihn unten nicht nur als Astronomen, sondern auch als Geographen und Mechaniker begegnen. Der elementaren Mathematik gehört die Abhandlung *Περὶ διαστάσεως*, worin er dargelegt hatte, daß es nur 3 Dimensionen geben kann,[7] und sein wenig gelungener Versuch, das Parallelaxiom Euklids zu beweisen.[8]

16. Auch in der Geometrie, die bisher literarisch immer im Geiste Platons rein abstrakt aufgetreten war, kommt jetzt das praktisch-rechnerische Element zum Ausdruck.

In Herons *Μετρικά*[9] werden regelmäßig von Anfang an konkrete Zahlen aufgegeben und das Problem dann durch Rechnung ohne theoretische Be-

dosios, Karlsruhe 1857. Heiberg, Studien üb. Euklid S. 43 ff.

[1] Theon in Ptolemaeum I 10 S. 110 (Halma).

[2] A. v. Braunmühl, Vorlesungen über Gesch. d. Trigonometrie, Leipzig 1900, I S. 10 ff.

[3] Zwei Fixsternobservationen, die er in Rom im J. 98 gemacht hat, führt Ptolemaios, Synt. I² S. 30 u. 33 an; er nennt ihn *γεωμέτρης*. Plutarch, De facie in orbe lunae 17, wo er bei der Unterhaltung zugegen ist, bezeichnet ihn als *μαθηματικός*.

[4] Theon in Ptolem. I 10 S. 110.

[5] Zum erstenmal herausgegeben von Maurolycus (Messina 1558) mit eigenen Zusätzen, dann (ebenso lateinisch) von Halley (und Costard, dessen Vorrede in einigen Exemplaren fehlt), Oxonii 1758, wesentlich nach einer hebräischen Uebersetzung. Im 12. Jahrh. hat Gerhard von Cremona sie nach dem Arabischen ins Lateinische übersetzt; seine Uebersetzung liegt in vielen Hss. vor, ist aber noch immer ungedruckt. Erwähnt ist die Sphärik bei Pappos VI 2 und Theon im Ptolem. II 7 S. 266 (Halma), ein längeres Zitat bei Theon a. O. VI 11 S. 342 (ed. Basil.). Eingehende Monographie von A. A. Björnbo, Studien über Menelaos' Sphärik, in AbhGMath. XIV, 1902.

[6] *ἐξ ἐπιπλοκῆς πλεκτοειδῶν τε καὶ ἑτέρων παντοίων ἐπιφανειῶν εὑρισκόμεναι.*

[7] Fr. 6. Simplikios in Aristot. De caelo S. 9.

[8] Fr. 7—8. Proklos in Eucl. S. 362, 365 ff.

[9] In einer Hs. in Konstantinopel entdeckt und zuerst herausgegeben von H. Schöne, Heronis Opp. III, Leipzig 1903.

gründung gelöst; nur gibt er am Schluß *γεωμετρικῶς* die Teilungen von einigen ebenen Figuren und Körpern an, die *δι' ἀριθμῶν* nicht ausgeführt (III 10), d. h. nicht in rationalen Zahlen ausgedrückt werden können. I. Buch enthält die Vermessung von ebenen Figuren (auch Ellipse und Parabel) und Oberflächen von Zylinder, Kegel, Kugel und Kugelsegment, II. Buch die von Körpern aller Art, III. Buch die Teilung von Flächen und Körpern nach gegebenen Verhältnissen; III 23 ist Archimedes De sph. et cyl. II 4.

Die echten Metrika beweisen, daß die früher allein unter Herons Namen vorliegenden Geometrica, Geodaesia, Stereometrica und *Μετρήσεις*[1] späte Rechenbücher[2] sind in byzantinischer Zeit in verschiedenen Redaktionen zusammengestellt, wahrscheinlich zum Gebrauch der Schule; unter deren Quellen waren auch die echten Metrika Herons, und in unsrer Überlieferung ist es noch zu erkennen, wie Herons Name nach und nach auf das ganze übertragen wird.[3]

Heron ist kein Mann der Wissenschaft, sondern praktischer Techniker und Feldmesser.[4] Selbst in seinen Schriften über Mechanik und Kriegsmaschinen verdankt er das meiste seinen Quellen. So ist die Methode zur Auffindung zweier mittleren Proportionalen, die er zweimal ohne Quellenangabe mitteilt,[5] mit unwesentlichen Änderungen dem Philon entnommen, wie schon Eutokios (in Archim. III S. 63—64) richtig bemerkt, und die berühmte Dreiecksformel gibt er als etwas Überkommenes (Metrica I 8: *ἔστι δὲ καθολικὴ μέθοδος, ὥστε τριῶν πλευρῶν δοθεισῶν οἱουδηποτοῦν τριγώνου τὸ ἐμβαδὸν εὑρεῖν χωρὶς καθέτου*; auch in der Dioptra 30). In der Vorrede zu den Metrika (III S. 4) sagt er, daß er sammeln wolle, *ὅσα τοῖς πρὸ ἡμῶν εὔχρηστα ἀναγέγραπται καὶ ὅσα ἡμεῖς προσεθεωρήσαμεν*, und in den *Βελοποικά*[6] bezeichnet er es nach einer ziemlich albernen Einleitung über die Bedeutung der Mechanik für den äußeren und inneren

[1] In der von Hultsch, Berlin 1864, herausgegebenen Gestalt. Auf neuer Grundlage Heronis Opp. IV—V, Leipzig 1912—14, vgl. V S. XXI ff.

[2] Die Form ist älter; sie findet sich schon in einem Papyrus aus dem II. Jahrh. (Berichte aus den k. Kunstsammlungen XXXVII 8, Berlin 1916) und in einer kleinen Aufgabensammlung (*Μέτρα μαρμάρων καὶ παντοίων ξύλων*) eines sonst unbekannten Didymos aus Alexandria, die nach den darin angewandten Maßen ins frühe 1. Jahrh. gesetzt wird (Tannery, MSc. I S. 139 ff.). Zuerst herausgegeben von A. Mai (Mediolani 1819), dann von Hultsch, Heronis rell. S. 238—44 (die beste Hs., Paris. suppl. 387, ist nicht benutzt). — Veraltet: Henri Martin, Recherches sur la vie et les ouvrages d'Héron d'Alexandrie, Paris 1854.

[3] Heronis Opp. V S. XXIII. Ganz spät ist das sogenannte *γεηπονικὸν βιβλίον* (Hultsch S. 208 ff.), zusammengestellt als Einleitung zur Exzerptensammlung des Cassianus Bassus über Ackerbau (in cod. Vat. 215); daher der sinnlose Titel (Arch. f. Gesch. d. Naturwiss. u. d. Technik I S. 118 ff., Leipzig 1909).

[4] Diese Auffassung, die vergeblich bestritten wird, hat zuerst H. Diels (Berl. Ak. Sbb. 1893 S. 110 Anm. 3 („ein reiner Banause") ausgesprochen. Ausführlich J. Hammer-Jensen, Hermes XLVIII S. 224 ff., wo die Verfasserin ferner mit durchschlagenden Gründen bewiesen hat, daß Heron später als Ptolemaios ist (um 200 n. Chr.), was freilich auch noch nicht allgemein anerkannt ist. Nur so sind die längst erkannten Mängel seiner Schriften, soweit sie nicht rein technisch sind (hierauf kommen wir später unter Mechanik zurück), seine Berücksichtigung der Stadt Rom (Dioptra 35) und seine Latinismen (R. Meier, De Heronis aetate, Lipsiae 1905, S. 12 ff.) erklärlich.

[5] Mechanik I 11 (daraus Pappos III 25—26) und *Βελοποικά* (edd. Diels und Schramm, Berlin 1918) S. 53 ff. (daraus Eutokios in Archim. III S. 58 ff.).

[6] Belop. 2 S. 6.

Frieden als seinen Zweck, die Arbeiten seiner Vorgänger, die so geschrieben seien, als ob alle Leser sachkundig seien, populär umzugestalten, *ὅπως πᾶσιν εὐπαρακολούθητος γένηται ἡ παράδοσις.*

Unterrichtszwecken[1] dienen auch die noch zu erwähnenden zwei mathematischen Schriften von ihm, die *Ὅροι τῶν γεωμετρίας ὀνομάτων* und der Kommentar zu Euklids Elementen.

Die Definitionen[2] sind erhalten an der Spitze einer byzantinischen Sammlung von Exzerpten (aus Euklids Elem. I, Proklos zu Euklid, den Euklidscholien, Geminos, Anatolios u. a.)[3] die Grundbegriffe der Mathematik und ihre Geschichte betreffend, und bei richtiger Einschätzung von Herons Schriftstellerei überhaupt liegt kein Grund vor zu bezweifeln, daß sie mit Recht seinen Namen tragen. Das Büchlein ist einem Dionysios *λαμπρότατος* (*vir clarissimus*)[4] gewidmet und verspricht ihn in erster Linie über die technischen Ausdrücke in den Elementen Euklids aufzuklären, dann aber auch über *πλείστας ἄλλας* (*πραγματείας*) *τῶν εἰς γεωμετρίαν ἀνηκόντων*, ganz im Geiste der Popularisierungsbestrebungen Herons. Berücksichtigt werden außer Euklid I—III, V, X—XI Archimedes, die Kegelschnitte, allerlei Kurven, krummflächige Körper und Prismen. Daß Poseidonios dabei benutzt ist (Heronis Opp. I S. XV f.), stimmt damit, daß er auch in der Mechanik (I 24) erwähnt ist.

Daß Heron sich mit Euklids Elementen beschäftigt hatte, war längst aus einigen Zitaten bei Proklos[5] bekannt und ist auch in arabischen Quellen erwähnt.[6] Daß er geradezu einen Kommentar geschrieben hat, was mit der früheren Wertschätzung und Antedatierung Herons schwer vereinbar war, ist durch Al-Narizis Bemerkungen zu den Elementen außer Zweifel gesetzt;[7] Heron ist darin fleißig benutzt.

Auch Karpos aus Antiochia,[8] der als *μηχανικός* bezeichnet wird (Proklos in Eucl. S. 241, 19), hatte sich mit allgemeinen theoretischen Untersuchungen beschäftigt. Proklos (ebd. S. 241 ff.) führt aus seiner *ἀστρολογικὴ πραγματεία* seine Diskussion der Begriffe Theorem und Problem an, die gegen Geminos gerichtet war (ebd. S. 243, 21 ff.), und S. 125 f. seine Definition des Winkels. Er hatte auch über die *σφαιροποιία* des Archimedes geschrieben, die er als seine einzige Abhandlung über seine mechanischen Erfindungen bezeichnete (Pappos VIII 3). Zur Quadratur des Kreises hatte er eine Kurve angegeben, die er *ἐκ διπλῆς κινήσεως* nannte (Iamblichos

[1] Für Ingenieure und Techniker. Alexander Severus errichtete Lehrerstellen u. a. *mathematicis*, *mechanicis*, *architectis* (Ael. Lampridius 44, 4).

[2] Zuerst herausgegeben von Dasypodius, Argentorati 1571 (1570), mit den übrigen Exzerpten Heronis Opp IV (Leipzig 1912). Eine ähnliche Zusammenstellung arithmetischer Definitionen zitiert als *τὰ πρὸ τῆς ἀριθμητικῆς στοιχειώσεως* Def. 122, 128 (vgl. ebd. S. 14, 1: *καὶ τὰ μὲν πρὸ τῆς γεωμετρικῆς στοιχειώσεως τεχνολογούμενα*).

[3] Heronis Opp. V S. XI ff.

[4] Vielleicht der L. Aelius Dionysius vir clarissimus, der 301 *praefectus urbi* war; s. J. Hammer-Jensen, Hermes XLVIII S. 234. Anders A. Stein ebd. XLIX S. 154 ff.

[5] Er hatte die Zahl der Axiome auf 3 reduziert (S. 196), die Fassung von Elem. I 16 gegen Angriffe eines Philippos verteidigt (S. 305), zu I 20 u. 25 neue Beweise gegeben (S. 323, 346) und den pythagoreischen Lehrsatz erweitert (S. 429).

[6] Heronis Opp. II S. XV ff.

[7] Codex Leidensis 399, 1 edd. Besthorn et Heiberg, Hauniae 1893 ff. Anaritii in decem libros priores Elementorum Euclidis commentarii, ed. Max. Curtze, Lipsiae 1909 (Supplement zu Euclidis Opp.), die lateinische Uebersetzung Gerhards von Cremona.

[8] Tannery, MSc. II S. 549 ff.

bei Simplikios in Categ. S. 192). Mit den alten Problemen der Quadratur des Kreises und der Auffindung zweier mittleren Proportionalen hatte der Grammatiker Sporos aus Nikaia (um 100 n. Chr.)[1] sich beschäftigt; Pappos (IV 46) referiert seine wenig berechtigte Kritik der Konstruktion der *τετραγωνίζουσα* bei Deinostratos und Nikomedes (oben S. 11, 23), und bei Eutokios (in Archim. III S. 76 ff.) ist seine Lösung des Problems der zwei mittleren Proportionalen erhalten; sie ist wesentlich dieselbe wie die von Diokles und Pappos gegebene (oben S. 35). Diese Zitate stammen ohne Zweifel aus seinem Werke *Κηρία*,. worin er die von seinem Lehrer Philon von Gadara vorgenommene Berechnung von π erwähnt hatte.[2]

17. Das praktische Rechnen haben die älteren Mathematiker einer literarischen Darstellung nicht gewürdigt; erst Eutokios erwähnt die *Λογιστική* eines gänzlich unbekannten Magnes (in Archim. III S. 258). Daß sie trotz der unbequemen Zahlenbezeichnung der Griechen große Rechenfertigkeit besaßen, beweist das Beispiel des Archimedes, der ja auch, wie nach ihm Apollonios, eine Methode zur Bezeichnung sehr großer Zahlen veröffentlicht hatte. Als Gegenstände der Logistik, die als *θεωρία τῶν ἀριθμητῶν*, nicht *τῶν ἀριθμῶν*, definiert wird, werden angegeben das *βοεικὸν πρόβλημα* des Archimedes (oben S. 27) und die *μηλῖται* und *φιαλῖται ἀριθμοί*.[3] Proben solcher Rechenaufgaben sind erhalten in einigen Epigrammen der Anthologie;[4] die meisten führen auf einfache Gleichungen ersten Grades, ein paar auf unbestimmte Gleichungen.

Einzelne arithmetische Sätze finden sich, wie berührt, öfters, z. B. bei Archimedes, aber die einzige systematische Darstellung der Arithmetik aus älterer Zeit sind die Bücher VII—IX der Elemente Euklids, die natürlich auch hier nur die Grundlage geben wollen. Sonst ist, soweit wir beurteilen können, die Arithmetik der Pythagoreer erst um diese Zeit wieder aufgenommen worden. Vom Anfang des 2. Jahrh. liegt uns die *Ἀριθμητικὴ εἰσαγωγή* des Nikomachos aus Gerasa vor (in 2 Büchern), bis in die späteste byzantinische Zeit viel gelesen und kommentiert.[5] Buch I gibt nach einer philosophischen Einleitung die Klassifikation der Zahlen, die nur mit der Einteilung der geraden Zahlen in *ὑπερτελεῖς*, wie z. B. 24, deren Teile 12, 8, 6, 4, 3, 2, 1 zusammengelegt zu 36 größer sind als 24, und *ἐλλιπεῖς*, wo das Umgekehrte der Fall ist (z. B. $7 + 2 + 1 < 14$), über die Euklids (VII deff.) hinausgeht; dann folgt die Aufzählung der Ver-

[1] Susemihl, Gesch. d. griech. Lit. in d. Alexandrinerzeit I S. 294 f. Er hatte auch den Aratos kommentiert.

[2] Eutokios in Archim. III S. 258. Sie mit den bei demselben (a. O. S. 228) ohne Verfassernamen genannten *Ἀριστοτελικὰ κηρία* zu identifizieren, wie Tannery (MSc. I S. 178 ff.) will unter Zustimmung von Diels (Simplikios in Phys. I S. XXVI), scheint mir nicht hinlänglich begründet.

[3] Heron, Deff. 135, 5—6 = Scholl. in Plat. Charm. 165 e.

[4] Zusammengestellt mit Uebersetzung und Erläuterungen von Zirkel, Programm Bonn 1853; mit den Scholien bei Tannery, Diophanti Opp. II S. 43 ff. Als Kuriosität sei angeführt, daß wir in einem späten Papyrus (pap. Achmim, 7.—8. Jahrh.) ein Schülerheft haben mit Multiplikationstabellen und Aufgaben in Bruchrechnung (Haeberlin, Centralbl. f. Bibliotheksw. XIV S. 488 f.).

[5] Zuerst herausgegeben von Wechel, Paris 1538; neueste Ausgabe von R. Hoche, Leipzig 1866 (die Hss. in nichtdeutschen Bibliotheken sind nicht untersucht), mit einer kleinen Sammlung arithmetischer Probleme unbekannten Ursprungs. — Im byzantinischen Dialog Philopatris 12 steht Nikomachos' Name sprichwörtlich: *ἀριθμέεις ὡς Νικόμαχος ὁ Γερασηνός*.

hältnisse der Zahlen untereinander (*πολλαπλάσιος, ἐπιμόριος, ἐπίτριτος, ἡμιόλιος* usw., I 17—23), alles mit ermüdender Weitläufigkeit und vielen Worten. I 13, 2 ist das *κόσκινον* des Eratosthenes erhalten. Buch II ist interessanter, aber die Darstellung immer weitschweifig; es enthält nach einigen Sätzen über Reihen die Darstellung der *ἀριθμοὶ ἐπίπεδοι* (Polygonalzahlen) und *στερεοί*, ihre Klassifikation und Bildung; II 20 gibt empirisch und ohne theoretische Begründung die Regel, daß in der Reihe der ungeraden Zahlen die erste, die Summe der zwei folgenden (3 + 5), die der drei nächstfolgenden (7 + 9 + 11) usw. Kubikzahlen sind. Den Schluß bildet die Erklärung der *ἀναλογίαι*, zunächst der 3 alten: *ἀριθμητική, γεωμετρική, ἁρμονική*, dann in Kürze die von den neueren (*τοῖς μετ' ἐκείνους ὑπομνηματογράφοις τε καὶ αἱρετισταῖς* II 28, 6) eingeführten 7 Variationen (vgl. Pappos III 44—57).

Pappos (S. 84, 1) nennt Nikomachos *ὁ Πυθαγορικός*, und seine Arithmetik ist unzweifelhaft ein Zeichen der Wiederbelebung des Pythagoreismus, die bis ins I. Jahrh. zurückverfolgt werden kann.[1] Sie knüpft an dem Timaioskommentar des Poseidonios an[2] und bringt auch die Zahlenmystik wieder auf. Auch von Nikomachos gab es ein Buch über die mystische Bedeutung der 10 ersten Zahlen, *Ἀριθμητικὰ θεολογούμενα* (in 2 Büchern); Photios (Bibl. 187) gibt einen Auszug daraus, und einige Bruchstücke sind erhalten in einer späten Sammlung, *Θεολογούμενα τῆς ἀριθμητικῆς* (ed. Fr. Ast, Lipsiae 1817; kritische Ausgabe von V. de Falco, Lipsiae 1922), die auch Auszüge enthält aus einem ähnlichen Werke des Anatolios.[3]

Aus derselben Quelle als dieser (vielleicht Poseidonios)[4] schöpft Theon aus Smyrna,[5] der in seinem Büchlein *Τὰ κατὰ τὸ μαθηματικὸν χρήσιμα εἰς τὴν Πλάτωνος ἀνάγνωσιν* (ed. E. Hiller, Lipsiae 1878) auch einen Abschnitt über Zahlenmystik hat (S. 99—106). Theon gibt außer Erörterungen über Musiktheorie und Astronomie einen Überblick über Einteilung der Zahlen und über die *ἀναλογίαι* und *λόγοι*, dieses nach Eratosthenes (im *Πλατωνικός*, S. 81); die Geometrie bleibt merkwürdigerweise unberücksichtigt.

18. Neben den leeren Spekulationen der Neupythagoreer wirken angenehm überraschend die *Ἀριθμητικά* des Diophantos aus Alexandria, der mit einiger Wahrscheinlichkeit ins 3. Jahrh. gesetzt werden kann.[6] Zwar hat man früher seine Originalität überschätzt;[7] wenn seine Darstellungsweise

[1] Schmekel, Die Philosophie der mittleren Stoa, Berlin 1892, S. 403.

[2] Altmann, De Posidonio Timaei Platonis commentatore, Berlin 1906. Die verschiedenen Brechungen der Ueberlieferung der Zahlenmystik Schmekel S. 409 ff.

[3] Er war Lehrer der aristotelischen Philosophie in Alexandria, seit 280 Bischof zu Laodikeia (Eusebios, Hist. eccl. VII 32, 6, der auch seine Kenntnisse in Arithmetik, Geometrie und Astronomie lobt). Seine Abhandlung *Περὶ δεκάδος καὶ τῶν ἐντὸς αὐτῆς ἀριθμῶν* in Annales internationales d'histoire, congrès de Paris 1900, 5e section (Paris 1901) S. 27 ff. Exzerpte aus einem anderen Werke über den Begriff der Mathematik nach Herons Deff. 138, 1—10.

[4] Borghorst, De Anatolii fontibus, Berlin 1905.

[5] Einige Beobachtungen von Planeten aus den Jahren 129—132 hatte er dem Ptolemaios überlassen (Ptolemaei Opp. II S. 275).

[6] Tannery, MSc. I S. 62 ff.

[7] Hankel, Zur Geschichte der Mathematik im Alterthum u. Mittelalter, Leipzig 1874, S. 157. Viel richtiger Nesselmann, Die Algebra der Griechen, Berlin 1842, S. 289.

uns so neu vorkommt, liegt das wesentlich daran, daß seine Quellen verloren sind. Aber sein Werk bleibt doch ein wichtiges und eigentümliches Zeugnis für die Fertigkeit der griechischen Mathematik in der Handhabung von Gleichungen.[1]

Das Werk war in 13 Büchern (I praef. S. 16); erhalten sind nur 6, und auch sonst hat der Text stark gelitten; so fehlen 3 *πορίσματα* (Hilfssätze allgemeingültigen Inhalts), worauf V 3, 5 u. 16 verwiesen wird.[2] Der Verfasser verspricht (I praef. S. 16), mit den einfacheren Problemen anzufangen und so den Weg zu den verwickelteren (*σκολιώτερα*) anzubahnen, und im großen und ganzen geschieht das auch; ob die Abweichungen von diesem Plan dem Verfasser oder der Ueberlieferung zur Last fallen, ist schwer zu entscheiden.

I. Buch fängt mit einer Reihe von Definitionen der Potenzen (bis x^6) und der entsprechenden Brüche $\left(\text{bis}\ \frac{1}{x^6}\right)$ an; die Benennungen (*δύναμις, κύβος, δυναμοδύναμις, δυναμόκυβος, κυβόκυβος — δυναμοστόν, κυβοστόν, δυναμοδυναστόν* usw.) sind aus der pythagoreischen Arithmetik übernommen;[3] neu scheint zu sein, daß zu ihrer Bezeichnung Kompendien angegeben werden: *ἀριθμός* (x) ς, $\Delta^v x^2$, $K^v x^3$, $\Delta^v\Delta\, x^4$, $\Delta K^v x^5$, $K^v K\, x^6$; die Brüche werden mit einem Strich oben am Zahlzeichen bezeichnet (ζ' $^1/_7$), soweit sie Stammbrüche sind, was nur seltener der Fall ist, sonst wird der Nenner oben geschrieben ($\frac{\varepsilon'}{\gamma}$ $^3/_5$); ÷ wird durch ein umgestülptes Ψ (*κάτω νεῦον*) ausgedrückt — also Ansätze zu einer Zeichensprache, deren Fehlen ein Haupthindernis für die Entwicklung der Algebra der Griechen gewesen ist. Negative und überhaupt doppelte Lösungen werden nicht berücksichtigt, das Ergebnis gewöhnlich durch einfache Rechnung verifiziert. Die Vorrede enthält noch Regeln für die Multiplikation der Potenzen und der entsprechenden Brüche, wobei bemerkt wird (S. 12, 19 f.), daß Negatives (*λεῖψις*) × Negatives Positives (*ὕπαρξις*), Negatives × Positives Negatives gibt. Fertigkeit in Addition, Subtraktion und Multiplikation wird ausdrücklich vorausgesetzt (S. 14). Buch I enthält fast nur Aufgaben, die auf bestimmte Gleichungen ersten Grades mit einer oder mehreren (bis zu sechs, I 13) Unbekannten oder zweiten Grades mit zwei Unbekannten führen, und solche kommen auch sporadisch in den anderen Büchern vor; wichtiger sind aber die 144 Probleme der unbestimmten Analytik.[4] Die unbestimmten Gleichungen ersten und zweiten Grades werden von Fall zu Fall gelöst ohne Angabe einer allgemeinen Methode, und in ihrer Handhabung zeigt Diophantos die größte Virtuosität und eine routinierte Fähigkeit, immer neue zweckmäßige Kunstgriffe zu erfinden, die selbst

[1] Zum erstenmal herausgegeben von Bachet de Méziriac, Paris 1621; kritische Ausgabe von P. Tannery, I—II, Leipzig 1893—95. Der zweite Band enthält u. a. die antiken Zeugnisse über Diophantos, eine byzantinische Paraphrase des Pachymeres, die Scholien, eine unechte Abhandlung über Multiplikation von Sexagesimalbrüchen und eine Sammlung von Rechenaufgaben von der Art der pseudoheronischen (oben S. 37), die aber in der ältesten Hs. den Titel *Διοφάνους* hat. Deutsche Uebersetzung u. a. von G. Wertheim, Leipzig 1890

[2] Tannery, MSc. II S. 73 ff.

[3] Hippolytos, Philosophumena, bei Diels, Doxographi S. 556 f.

[4] Tannery, MSc. II S. 367 ff. Eine Uebersicht der Gleichungen in moderner Formulierung in Tannerys Ausgabe II S. 287 ff.

sehr schwierigen Aufgaben gegenüber nicht versagt.[1] Wirkliche Gleichungen dritten Grades oder gar höherer Ordnung kommen nicht vor.[2]

Außer der Arithmetik besitzen wir von Diophantos eine Abhandlung *Περὶ πολυγώνων ἀριθμῶν*. Sie lehnt sich an eine Arbeit des Hypsikles an (oben S. 35), gibt aber dem Problem eine ganz allgemeine Fassung; in der Vorrede (I S. 450) wird die Aufgabe gestellt 1. zu beweisen, daß $8\,(a \div 2)\,p + (a \div 4)^2$ immer ein Quadrat gibt, wenn p eine beliebige Polygonalzahl ist, a die Anzahl ihrer Winkel, 2. wenn die Seite gegeben ist, eine beliebige Polyginalzahl zu finden und umgekehrt.[3] Vorausgeschickt werden (S. 452—68) vier Hilfssätze über arithmetische Progressionen in ganz euklidischer Form; den Schluß bildet ein unvollständig erhaltener, vielleicht unechter Zusatz, zu finden, auf wie vielerlei Weise eine gegebene Zahl eine Polygonalzahl sein kann (S. 476—80).

19. Dem 3. Jahrh.[4] gehört noch Pappos aus Alexandria, dessen *Συναγωγή* (in 8 Büchern)[5] so viel wertvolles Material gerettet hat.

Das Buch gibt Erläuterungen, z. T. Hilfssätze,[6] zu einem bestimmten Kreis klassischer Werke, die offenbar den Lehrkursus der höheren Mathematik (nebst Astronomie und Mechanik) in Alexandria ausmachen,[7] knüpft aber daran Erörterungen allgemeinerer, z. T. historischer Art, die um so wichtiger sind, als man damals in Alexandria über eine reiche Literatur verfügte, die seitdem verloren ist.[8]

Das verlorene I. Buch hat ohne Zweifel Zahlentheorie oder sonst arithmetisches enthalten; denn der erhaltene Teil von II gibt Erörterungen zum *Ὠκυτόκιον* des Apollonios (oben S. 33). Buch III beginnt mit einer Diskussion der Begriffe Problem und Theorem und bespricht dann 4 Hauptprobleme der höheren Geometrie, die Auffindung zweier mittleren Proportionalen,[9] die alten und neuen *μεσότητες*,[10] die Konstruktion zweier Geraden innerhalb eines Dreiecks auf dessen Grundlinie, deren Summe größer

[1] Näheres bei Nesselmann, Die Algebra d. Griechen S. 294 ff., 314 ff. Vgl. Heath, Diophantos of Alexandria², Cambridge 1910.

[2] Vgl. Nesselmann a. O. S. 328.

[3] Die Beweise folgen S. 468—72, 472—4. S. 474 ist nur eine Zusammenfassung *τοῖς βουλομένοις εὐχερῶς ἀκούειν τὰ ζητούμενα διὰ μεθόδων*.

[4] Usener, Kl. Schriften III S. 21 ff. Suidas macht ihn unrichtig zu einem Zeitgenossen Theons.

[5] Zuerst lateinisch herausgegeben von F. Commandinus, Venedig 1589, dann einzelne Teile griechisch (Hultsch I S. XV ff.), vollständig erst von F. Hultsch, I—III, Berlin 1876—78. Einzige Quelle cod. Vatic. 218. Das ganze I. Buch nebst dem Anfang des II. u. IV. ist verloren.

[6] *λήμματα*, die übersprungene Zwischenglieder der Beweise ergänzen.

[7] Besonders deutlich VII 3 nach Aufzählung der zum *τόπος ἀναλυόμενος* gehörenden Werke: *ὧν τὰς περιοχὰς μέχρι τῶν Ἀπολλωνίου Κωνικῶν ἐξεθέμην σοι πρὸς ἐπίσκεψιν καὶ τὸ πλῆθος τῶν τόπων καὶ τῶν διορισμῶν καὶ τῶν πτώσεων καθ' ἕκαστον βιβλίον, ἀλλὰ καὶ τὰ λήμματα τὰ ζητούμενα, καὶ οὐδεμίαν ἐν τῇ πραγματείᾳ τῶν βιβλίων καταλέλοιπα ζήτησιν, ὡς ἐνόμιζον*. Buch VII—VIII sind seinem Sohn Hermodoros gewidmet, Buch III einem (einer?) Pandrosion, Buch V einem Megethion.

[8] Auch sonst ganz unbekannte Verfassernamen wie Erykinos III 59, Demetrios *ὁ Ἀλεξανδρεύς* und Philon *ὁ Τυανεύς* IV 58, Perikles VII 6, Herakleitos VII 128.

[9] III 2—27; hierin die Methoden des Eratosthenes, Nikomedes, Heron und Pappos' eigene (III 27, vgl. VIII 26, Eutokios in Archim. III S. 70 ff.). III 2—19 teilt eine Näherungsmethode mit, die ein Zeitgenosse, den Pappos ohne Namensnennung ironisch als *μέγας τις γεωμέτρης εἶναι δοκῶν* bezeichnet, ihm vorgelegt hat; nach Aufforderung gemeinsamer Freunde widerlegt Pappos sie; indessen ist sie wirklich brauchbar (S. Günther, Abh. böhm. Ges. d. Wiss. 1878).

[10] III 28—57, nach Nikomachos.

ist als die der umschließenden Dreiecksseiten,[1] die Einschreibung der regulären Polyeder in eine Kugel.[2] IV. Buch handelt von Tangenten und sich berührenden Kreisen,[3] den zur Kreisquadratur benutzten Kurven,[4] der Spirale auf der Kugelfläche[5] und der Dreiteilung des Winkels;[6] das darin erhaltene historische Material ist in der vorhergehenden Darstellung fortwährend benutzt. V. Buch behandelt nach einer ganz hübschen Einleitung über die regelmäßige Sechseckform der Bienenzellen isoperimetrische Figuren unter sich und mit dem Kreis verglichen (4—32), die semiregulären Polyeder des Archimedes und die Hauptsätze der Bücher *Περὶ σφαίρας καὶ κυλίνδρου* auf neue Weise bewiesen (33—71), die 5 regulären Polyeder unter sich und mit der Kugel verglichen (72—105). Im VI. Buch wird der sogenannte *Μικρὸς ἀστρονομούμενος* erläutert, eine Sammlung von Büchern über Sphärik (Theodosios, Autolykos, Euklid), Optik (Euklid) und ähnliches (Aristarchos),[7] die als Einleitung zum Studium der *Σύνταξις μεγάλη* des Ptolemaios gelesen wurden. Buch VII erläutert in ähnlicher Weise die zum *τόπος ἀναλυόμενος* gehörenden Werke von Aristaios, Euklid und Apollonios samt Eratosthenes (VII 3). Buch VIII endlich ist der Mechanik gewidmet (davon unten); hier spricht Pappos (4) von *τὰ ὑφ' ἡμῶν εὐχρήστως ἀνευρημένα θεωρήματα.*

Außer der *Συναγωγή* hat Pappos noch Kommentare geschrieben zur Syntaxis[8] und Harmonik[9] des Ptolemaios, zum *ἀνάλημμα* des Diodoros[10] und zu den Elementen[11] und *Δεδομένα*[12] Euklids.

Einen Kommentar zu den *Κωνικά* des Apollonios hatte Serenos aus Antinoeia herausgegeben.[13] Der ist verloren; dagegen haben wir von ihm zwei kleine Schriften *Περὶ κυλίνδρου τομῆς* und *Περὶ κώνου τομῆς.*[14] Erstere will beweisen, daß die Ellipse, die durch einen schiefen Schnitt im Zylinder entsteht, dieselbe ist als die im Kegel hervorgebrachte,[15] worüber bei einigen Unklarheit geherrscht haben soll (S. 2); als dies erledigt ist (Propp. 1—19), beweist er, daß dieselbe Ellipse durch einen Schnitt in einem Zylinder und einem Kegel hervorgebracht werden kann (Propp. 20—28); zum Schluß nimmt er von der Definition paralleler Geraden, die

[1] III 58—74; wird als *παράδοξον* bezeichnet III 66 u. 74, wegen des scheinbaren Widerstreits mit Euklid, Elem. I 21.

[2] III 75—95.

[3] IV 1—29 (u. a. die Sätze über das *ἄρβηλον*).

[4] IV 30—52 (die *ἕλιξ* des Archimedes, die Konchoide, die *τετραγωνίζουσα*).

[5] IV 53—56.

[6] IV 57—80.

[7] Das Versprechen, auch Menelaos zu berücksichtigen (VI 110), wird nicht erfüllt.

[8] Bei Suidas erwähnt, zitiert von Eutokios in Archim. III S. 232 u. 120, von Pappos selbst VIII 46 S. 1106, 14. Teile davon (zum V. u. VI. Buch) sind unter den Kommentaren Theons erhalten (Hultsch, Pappus III S. XIII ff.). Vgl. Hultsch a. O. S. XVI ff.

[9] Hultsch III S. XII.

[10] Pappos IV 40. Wohl derselbe Diodoros, der von Marinos (Eucl. Opp. VI S. 234) erwähnt wird.

[11] Oft von Proklos zitiert, auch von Eutokios in Archim. III S. 28 und in den Scholien zu Euklids Data (4); benutzt in unsren Scholien zu den Elementen und für Elem. X teilweise arabisch erhalten (Heiberg, Studien üb. Eukl. S. 162 ff., oben S. 15).

[12] Marinos in Dat., Eucl. Opp. VI S. 256.

[13] Von ihm selbst zitiert Sect. cylindri 17 S. 52. Er hat mutmaßlich um 300 gelebt (Tannery, MSc. I S. 290 ff. Vgl. Sereni Opp. S. XVII.

[14] Herausgegeben von Halley, Oxonii 1710 (mit Apollonios) und von Heiberg, Leipzig 1906.

[15] Was Archimedes als selbstverständlich behandelt De conoid. 20, 22, 26, 28, 30

ein befreundeter Mathematiker Peithon gegeben hat (S. 96),[1] Anlaß, dazu einige Sätze über Tangenten zu Zylinder- und Kegelflächen zu beweisen (Propp. 29—33), die nach seiner eigenen Angabe (S. 116) eher in die Optik gehören. Die zweite Schrift behandelt ausführlich die wenig interessanten Dreiecke, die im Kegel durch Schnitte durch den Scheitelpunkt entstehen. Nach einem zufällig erhaltenen Bruchstück[2] hat Serenos sich auch mit Astronomie abgegeben.

20. Wesentlich Astronom war Theon aus Alexandria (4. Jahrh.).[3] Hier ist nur zu erwähnen, daß er Ausgaben geliefert hat von Euklids *Στοιχεῖα* und *Δεδομένα*; jene beherrscht fast ganz unsere gesamte Überlieferung (oben S. 15 f.), diese ist nur durch zwei Hss. vertreten (oben S. 20). Auch ein Zweig der Überlieferung der Optik stammt aus seinen Vorlesungen und ist mit einer Einleitung versehen, die diesen nachgeschrieben ist.[4] Seine Erläuterungen zu Ptolemaios Synt. I 10 enthalten eine Anweisung zum Rechnen mit Sexagesimalbrüchen, auch eine Näherungsmethode von Interesse.

Theons Tochter war die Philosophin Hypatia, die schwärmerisch bewunderte Lehrerin des Bischofs Synesios,[5] auf Anstiftung seines Amtsbruders, des alexandrinischen Patriarchen Kyrillos, 415 vom Pöbel ermordet.[6] Ihre mathematischen Kenntnisse werden von allen Seiten sehr gerühmt.[7] Nach Suidas hatte sie Kommentare zu Diophantos und Apollonios (*Κωνικά*) verfaßt.

Hypatia gehörte der neuplatonischen Schule an, und diese hat sich überhaupt in den Zeiten des definitiven Niederganges am meisten mit Mathematik beschäftigt.

Porphyrios (3. Jahrh.) hatte vielleicht die Elemente Euklids kommentiert, jedenfalls Sätze daraus besprochen.[8] Sein Schüler Iamblichos hat im pythagoreisch-neuplatonischen Sinne eine Abhandlung über das Wesen der Mathematik[9] und eine Einleitung zur Arithmetik des Nikomachos[10] geschrieben; die oben (S. 40) erwähnten *Theologumena arithmetices* gehen direkt oder indirekt auf ihn zurück. Vom Haupte der athenischen Schule im 5. Jahrh., Proklos, besitzen wir einen Kommentar zum I. Buch der Elemente, der neben vieler mystischen Tiftelei auch wertvolle geschichtliche Nachrichten enthält, wesentlich wohl aus Geminos. Er hatte die Absicht, auch die folgenden Bücher zu erläutern,[11] bezweifelt aber selbst, daß er dazu komme,[12] und die vermeintlichen Spuren einer Fortsetzung verschwinden bei näherem Zusehen.[13] Sein Kommentar zu Platons Staat

[1] *τὰς παραλλήλους εὐθείας εἶναι τοιοῦτον, οἵας ἐν τοῖς τοίχοις ἢ τῷ ἐδάφει τὰς τῶν κιόνων σκιὰς ὁρῶμεν ἀποτελουμένας.* Vgl. oben S. 33.

[2] In einigen Hss. des Theon Smyrnaeus, Sereni Opp. S. XVIII—XIX.

[3] Seine Zeit steht fest durch seine eigenen Angaben für die Jahre 360—372; vgl. Usener, Kl. Schr. III S. 22.

[4] Heiberg, Studien üb. Euklid S. 139 ff., Eucl. Opp. VII S. XXIX ff.

[5] Grützmacher, Synesios von Kyrene, Leipzig 1913, S. 19 ff.

[6] Ueber sie nach anderen W. A. Meyer, Hypatia von Alexandria, Heidelberg 1886.

[7] Damaskios bei Photios 346 b 15 nennt sie *γεωμετρική*; der Kirchenhistoriker Philostorgios VIII 9 läßt sie den Vater übertreffen, besonders in der Astronomie.

[8] Heiberg, Studien über Euklid S. 159 ff.

[9] *Περὶ τῆς κοινῆς μαθηματικῆς ἐπιστήμης*, ed. N. Festa, Lipsiae 1891.

[10] Ed. H. Pistelli, Lipsiae 1894.

[11] In Eucl. S. 272, 398. Ausgabe von Friedlein, Lipsiae 1873.

[12] Ebd. S. 432.

[13] Heiberg, Studien über Euklid S. 166 ff.

enthält eine interessante Bemerkung über die arithmetische Bedeutung von Euklids Elem. II 9—10;[1] über das Parallelaxiom hatte er „ein ganzes Buch“ geschrieben.[2] Von seinem Schüler und Biographen Marinos gibt es eine wenig bedeutende Einleitung zu Euklids *Δεδομένα* (ed. H. Menge, Euclidis Opp. VI S. 233—56).

Domninos aus Larissa, der Konkurrent des Proklos als Schulhaupt in Athen (Marinos, Vita Procli 26; *ὁ ἑταῖρος ἡμῶν* Proklos in Plat. Tim. 34b) und wie er Schüler des Syrianos, wird in der sonst wenig wohlwollenden Lebensbeschreibung des Damaskios (bei Suidas) als *ἐν τοῖς μαθήμασιν ἱκανὸς ἀνήρ* bezeichnet. Von ihm gibt es ein kleines *Ἐγχειρίδιον ἀριθμητικῆς στοιχειώσεως* (ed. Boissonade, Anecdota Gr. IV S. 413—29),[3] und am Schlusse dieses Handbüchleins kündigt er eine ausführlichere *ἀριθμητικὴ στοιχείωσις* an, etwa von der Art des oben S. 40 erwähnten Werkes Theons aus Smyrna. Außerdem ist unter seinem Namen eine kleine Abhandlung *Πῶς ἔστι λόγον ἐκ λόγου ἀφελεῖν* erhalten (ed. Ruelle, Revue de philologie VIII, 1883, S. 82 ff.). Das arithmetische Handbuch ist dadurch von einigem Interesse, daß es sich näher an die arithmetischen Bücher des Eukleides anschließt als an Nikomachos, der sonst die Arithmetik der Zeit beherrscht.

Kommentare zu Nikomachos hatte ein sonst gänzlich unbekannter Heronas verfaßt (Eutokios in Archim. III S. 120), ebenfalls nach Suidas ein Bischof Proklos *ὁ Προκλήιος*, wenn das nicht, wie Tannery (MSc. II S. 110[1], 304 f.) vermutet, eine Verwechselung mit dem Neuplatoniker ist.[4] Erhalten sind unter den Namen des Ioannes Philoponos und des Asklepios aus Tralleis Erläuterungen zu seiner Arithmetik,[5] verschiedene Rezensionen desselben Kommentars, der wahrscheinlich auf den Lehrer beider, Ammonios des Hermias' Sohn (oder auf Proklos) zurückgeht.[6] Ioannes Philoponos zeigt auch sonst Interesse für Mathematik; in seinem Kommentar zu Aristoteles' Analytica posteriora berichtet er ausführlich über das delische Problem (S. 102 ff. Wallies) und über die Versuche, den Kreis zu quadrieren (S. 111 ff.). Auch der verständige Aristoteleskommentator Simplikios zeigt Verständnis für diese Fragen; ihm verdanken wir den wichtigen Bericht über die Möndchen des Hippokrates (aus Eudemos, in Phys. I S. 60 ff. Diels).[7] Er hatte auch über die Definitionen Euklids geschrieben.[8]

[1] II S. 26 ff. (Kroll). Seine Erläuterung der platonischen Zahl (II S 36 ff.) ist durch Lücken entstellt; daran knüpft er (nach einem sonst unbekannten Paterios) eine Berechnung der Seiten eines Dreiecks, die mit Stammbrüchen operiert (II S. 40 ff., s. Hultsch ebd. II S. 384 ff.).

[2] Nur bei Ioannes Philoponos in Anal. post. S. 129 (Wallies) erwähnt.

[3] Vgl. Tannery, MSc. II S. 105 ff., 211 ff.; III S. 255 ff. (Uebersetzung). Hultsch, Jbb. kl. Ph. 1897 S. 507 ff.

[4] Proklos glaubte nach einem Traum, daß die Seele des Nikomachos in ihm wohne (Marinos, Vita Procli 28).

[5] Philoponos herausgegeben von R. Hoche, Progr. Wesel 1864—65 und Berlin 1867. Was derselbe unter dem Titel Soterichi ad Nicomachi Geraseni introductionem arithmeticam de Platonis Psychogonia scholia herausgegeben hat (Elberfeld 1871), gehört dem Michael Psellos (Tannery, MSc. II S. 286).

[6] Tannery, MSc. II S. 302 ff.

[7] Nach Iamblichos gibt er die unbegreifliche Notiz, daß der Pythagoreer Sextos eine in der pythagoreischen Schule überlieferte Kreisquadratur mitgeteilt habe (in Phys. I S. 60 = in Categ. S. 192 Kalbfleisch).

[8] Cod. Leidensis 399, 1 I S. 9.

Der eben genannte Ammonios (um 500)[1] hat auch die Aufmerksamkeit seines Schülers Eutokios aus Askalon auf die klassische Mathematik geleitet.[2] Dieser hat seinen Kommentar zu Archimedes *Περὶ σφαίρας καὶ κυλίνδρου* seinem Lehrer gewidmet (Archimedis Opp. III S. 2, 16). Er hat außerdem die *Κύκλου μέτρησις* und die *Ἐπιπέδων ἰσορροπίαι* des Archimedes und die 4 ersten Bücher der *Κωνικά* des Apollonios kommentiert; ob er seinen Vorsatz, auch die 4 letzten zu erläutern (Apollonii Opp. II S. 356), durchgeführt hat, darf bezweifelt werden. Den Kommentar zu Apollonios hat Eutokios seinem Freund Anthemios gewidmet,[3] dem ersten Baumeister der Sophienkirche, den wir noch als Mechaniker kennen lernen werden. Dessen Nachfolger als Architekt, Isidoros aus Milet, hat neben Mechanik auch Mathematik betrieben; ein Schüler von ihm hat nach seiner Rezension die Kommentare des Eutokios zu *Περὶ σφαίρας καὶ κυλίνδρου* und *Κύκλου μέτρησις* herausgegeben, und die Umarbeitung, wodurch diese Schriften des Archimedes den dorischen Dialekt eingebüßt haben, stammt wahrscheinlich ebenfalls aus seiner Schule.[4] Auch die zwei Abhandlungen über die regulären Körper, die als XV. Buch der Elemente Euklids überliefert sind, rühren von einem ungeschickten Schüler des Isidoros her.[5]

21. So war das Studium der Mathematik nach Konstantinopel hinübergerettet, während es in den alten Studiensitzen Alexandria und Athen ausstarb; unter den Professoren, die nach Persien auswanderten, als Justinian 529 die Philosophenschule in Athen schließen ließ, war Simplikios. Im 7.—8. Jahrh. ist freilich von Früchten dieser Studien nichts zu verspüren; theologische Kämpfe nahmen alle geistigen Kräfte in Anspruch. Erst nachdem der für die Erhaltung der antiken Literatur so gefährliche Bilderstreit gegen Mitte des 9. Jahrh. ausgetobt hatte, wird für die Wissenschaft wieder Raum. Aus dem 9.—10. Jahrh. stammen unsere schönsten Hss. der mathematischen Hauptwerke der Glanzzeit, und als Leon im 9. Jahrh. die Universität in Konstantinopel neu gründete, fand auch die Mathematik einen Platz im Studienkreis.[6] Für diesen Leon war (außer der Platonhs. Vatic. *Ω*) sowohl die schönste Hs. von Ptolemaios als die alte, jetzt verlorene Archimedeshs. geschrieben, worauf fast unsere ganze Überlieferung beruht (Archimedes Opp. III S. XXII).[7]

Das große Licht des 11. Jahrh., Michael Psellos, hat, wie über alles andere, so auch über Mathematisches geschrieben, so einen Aufsatz über die algebraische Terminologie des Diophantos und (angeblich) der Ägypter[8] und über die mystische Bedeutung der Zahlen.[9] Aber das unter seinem Namen erhaltene magere Kompendium der mathematischen Wissenschaften[10]

[1] Eine Observation von ihm aus dem J. 502 Ptolem. Opp. II S. XXXV.

[2] Tannery, MSc. II S. 118 ff. Catalog. codd. astrolog. I S. 170.

[3] Apollonii Opp. II S. 168, 5 *ὦ φίλε ἑταῖρε Ἀνθέμιε*, S. 290, 2; 314, 2; 354, 2.

[4] Archimedis Opp. III S. XCIII (*ἐκδόσεως παραναγνωσθείσης τῷ Μιλησίῳ μηχανικῷ Ἰσιδώρῳ ἡμετέρῳ διδασκάλῳ* III S. 48, 28; 224, 7; 260, 10). Ein von Isidoros angegebenes Instrument zur Zeichnung einer Parabel ist genannt in der Interpolation ebd. III S. 84, 8 ff.

[5] Heiberg, Studien über Euklid S. 156. Euclidis Opp. V S. 671; ebd. V S. 50, 21 *ὡς Ἰσίδωρος ὁ ἡμέτερος ὑφηγήσατο μέγας διδάσκαλος.*

[6] Bibliotheca mathematica 1887 S. 33 ff.

[7] Ueber die Ueberlieferung der griechischen Mathematik überhaupt s. ODVS. 1896 S. 77 ff.

[8] Diophanti Opp. ed. Tannery II S. 37 ff.; MSc. IV S. 275 ff.

[9] *Περὶ ἀριθμῶν*, Tannery, MSc. IV S. 269 ff.

[10] *Σύνταγμα εὐσύνοπτον εἰς τὰς τέσσαρας μαθηματικὰς ἐπιστήμας.* Ed. pr. Venetiis 1532; mit

kann nicht von ihm sein, da der Abschnitt der Astronomie sich selbst in das Jahr 1008 datiert, wo Psellos höchstens ein Wickelkind war.[1]

Nachdem die Störung der literarischen Tätigkeit, welche die Kreuzzüge und das elende lateinische Kaisertum verursacht hatten, einigermaßen überwunden war, fängt die Beschäftigung auch mit der Mathematik wieder an.[2] Von Georgios Pachymeres, der die Vertreibung der Lateiner erlebte und eine hohe Stelle in Konstantinopel bekam, gibt es ein (nur teilweise herausgegebenes) Quadrivium; eine Vorlesung von ihm über das Mathematische im Organon des Aristoteles liegt in der Nachschrift eines Schülers vor.[3] Aus dem 14. Jahrh. gibt es eine Reihe von Arbeiten, meist Rechenbücher. Die *Ψηφοφορία κατ' Ἰνδούς* des bekannten Mönchs Maximos Planudes (ed. Gerhardt, Halle 1865) ist dadurch von Interesse, daß sie zum erstenmal das Rechnen mit unsren heutigen Ziffern lehrt, wenn sie auch schon früher in Byzanz nachweisbar sind (Euclidis Opp. V S. XIX); 3 Scholien zu Euklids Elementen, die seinen Namen tragen, scheinen aus einer Vorlesung von ihm zu stammen.[4] Von Manuel Moschopulos gibt es eine Abhandlung *Εἰς τὴν εὕρεσιν τῶν τετραγώνων ἀριθμῶν* (über die sog. magischen Quadrate),[5] von Nikolaos Rhabdas ein paar Briefe arithmetischen Inhalts (aus dem J. 1340),[6] von dem Basilianermönch Barlaam aus Calabrien, Lehrer Petrarcas und Boccaccios, eine Logistik (ed. Chamber, Paris 1600) und eine arithmetische Paraphrase des II. Buchs von Euklids Elementen (Euclidis Opp. V S. 725 ff.). Zu Euklid gibt es auch eine von dem Mönch Isaak Argyrus zusammengestellte Scholiensammlung (Heiberg, Studien üb. Euklid S. 171 f.). Die Geometrie des Ioannes Pediasimos (*σύνοψις περὶ μετρήσεως καὶ μερισμοῦ γῆς*) bietet nur eine kleine Sammlung von Vermessungen, wesentlich aus den späten heronischen Rechenbüchern (oben S. 37) exzerpiert (ed. Friedlein, Berlin 1866).

22. Den Römern fehlte jede Neigung und Veranlagung für Mathematik sowie für alle exakte Wissenschaft; Cicero (Tusc. I 5) sagt sehr richtig, daß im Gegensatz zu den Griechen, bei denen die Geometrie in hohen Ehren stand, *nos metiendi ratiocinandique utilitate huius artis terminavimus modum.*

Im praktischen Rechnen hatten sie es trotz ihrer ungelenken Bezeichnung von Zahlen und Brüchen ziemlich weit gebracht; es war nicht nur für das Geschäftsleben von Wichtigkeit, u. a. zur Berechnung der Zinsen, sondern auch für die Juristen bei Verteilung von Erbschaften. Einfachere

lateinischer Uebersetzung ed. Xylander, Basel 1556. Die Hss. bieten verschiedene Rezensionen, z. T. ohne Verfassernamen. In der ältesten Hs., cod. Palat. Gr. 281 (in Heidelberg, 11. Jh.), wird ein *συνοπτικὸν σύνταγμα φιλοσοφίας* vorausgeschickt, offenbar ein ursprünglicher Bestandteil des Handbüchleins (im Palat. mit der Nummer *α΄* versehen).

[1] *ἄχρι τοῦ δεῦρο ἤγουν τοῦ ,ςφις΄ ἔτους* zweimal.

[2] S. den Bericht des Theodoros Metochites über seine Studien bei Sathas *Μεσαιων. βιβλιοθ.* I S. *πζ* ff. (Apollonii Opp. II S. LXVIII ff.).

[3] Krumbacher, Gesch. d. byz. Lit.[2] S. 290. AbhGMath. XVIII (1904) S. 37 ff.

[4] Heiberg, Om Scholierne til Euklids Elementer, DVSS. 1888, S. 272 f. Ueber das Auftreten der indischen Zahlzeichen s. ferner Tannery, MSc. IV S. 199 ff. und ein Scholion des Neophytos ebd. S. 20 ff. Die *Ψηφοφορία* liegt in verschiedenen Redaktionen vor.

[5] Am besten herausgegeben von Tannery, MSc. IV S. 27 ff.

[6] Ed. Tannery, MSc. IV S. 61 ff.; vgl. ebd. S. 283 ff. (Le calcul des parties proportionnelles chez les Byzantins). Der zweite handelt u. a. von Fingerrechnung.

Rechnungen wurden auf dem Abacus ausgeführt (ein Exemplar ist erhalten und oft abgebildet, z. B. bei Baumeister, Denkmäler S. 1431). Eine ausführliche Multiplikationstabelle für ganze Zahlen und Brüche besitzen wir aus dem 5. Jahrh. (*calculus Victorii*, ed. Friedlein, Bull. Boncompagni 1871, S. 443 ff.). Vgl. Friedlein, Die Zahlzeichen und das elementare Rechnen der Griechen und Römer, Erlangen 1869.

Die Feldmessung, wobei man sich mit einem ziemlich unvollkommenen[1] Instrument, dem *groma*, begnügte, ging nach Varro[2] auf die Praxis der etruskischen Haruspices bei der Orientierung ihres *templums* zurück. Das bißchen Theorie, das dabei nötig war, übernahm man aus griechischen Rechenbüchern von der Art der pseudo-heronischen (oben S. 37).[3] Auch bei der von Caesar geplanten, von Augustus durchgeführten Reichsvermessung waren Griechen tätig. Was bei Vitruvius[4] und Columella[5] Mathematisches gelegentlich vorkommt, hat nicht viel zu sagen; bedeutender sind die Berechnungen von Wasserröhren bei Frontinus, *De aquis urbis Romae*;[6] er hatte auch über Feldmessung geschrieben.[7] Die Mathematik als Bildungsmittel fand Aufnahme unter die *artes liberales*, zuerst in Varros *Disciplinarum libri IX* (Buch IV Geometrie, V Arithmetik), dann bei Martianus Capella, der VI 708—723 geometrische und stereometrische Definitionen mitteilt, wesentlich nach Euklid,[8] und sein VII. Buch ganz der Arithmetik widmet, und bei Cassiodorius (kurze Notizen über Arithmetik, Musik, Geometrie und Astronomie), vermutlich nach Varro, auf den wahrscheinlich auch die kleinen mathematischen Kapitel eines unter Censorinus' Namen erhaltenen Fragments stammen[9] (5 de geometrica, 6 de formis, 7 de figuris,[10] 8 de postulatis). Bezeichnend für die Stellung im Unterricht, die der Mathematik in der Kaiserzeit eingeräumt wurde, sind die sehr vernünftigen Bemerkungen des Quintilianus (*Inst. orat.* I 10, 34—49). Er hebt nachdrücklich die pädagogische Bedeutung der *geometria* (d. h. der Mathematik) hervor; sie schärft den Verstand und entwickelt die Fähigkeit richtige Schlüsse zu formulieren und bewahrt vor Fehlschlüssen. Als Beispiel beweist er, daß der gleiche Umfang zweier Figuren nicht ohne weiteres den gleichen Rauminhalt mit sich bringt, welchen Irrtum sogar Historiker begangen haben;[11] nachdem er den prak-

[1] Die Mängel des Hauptteils, des *ἀστερίσκος* (*stella*), hebt Heron, *Περὶ διόπτρας* 33, scharf hervor. Ueber das *groma* s. H. Schöne, Arch. Jahrb. XVI, 1901, S. 127 ff.

[2] Thulin, Corp. Agrim. I S. 10—11.

[3] M. Cantor, Die römischen Agrimensoren, Leipzig 1875. Die Texte bei Blume, Lachmann und Rudorff, Die Schriften der römischen Feldmesser, I—II, Berlin 1848—52. Neue Bearbeitung auf besserer handschriftlichen Grundlage von Thulin (Corpus agrimensorum Romanorum, bis jetzt nur I¹, Leipzig 1913). Ergänzungen von V. Mortet, Not. et extr. des mss. XXXV², 1896; vgl. von demselben Bibl. de l'École des chartes LXI, 1900: La mesure des voutes romaines.

[4] Cantor, Agrim. S. 86 ff.

[5] Ebd. S. 89 f. Er bekennt seine Abhängigkeit von den Fachmännern der Geometrie (*cuius scientiam mihi non vindico*, V 1).

[6] Ed. Bücheler, Lipsiae 1858. Er rechnet mit $\pi = 3^1/_7$.

[7] Cantor, Agrim. S. 94 ff.

[8] Seinen Mangel an mathematischem Begriff offenbart er durch seine Uebersetzung der ersten Definition: *punctum est, cuius pars nihil est.*

[9] Ed. Hultsch mit Censorinus De die natali, Leipzig 1867.

[10] Kap. 6—7 die Definitionen von Euklid I (hier richtig: *nota est, cuius pars nulla est*).

[11] Polybios IX 21 rügt diesen Irrtum bei *οἱ πολλοί*, die ihre Schulkenntnisse in der Geometrie vergessen haben. Ohne Grund hat man ihn bei Thukydides VI 1 finden wollen.

tischen Nutzen mathematischer Kenntnisse noch in anderen Fällen nachgewiesen hat, u.a. durch den Hinweis auf die Verteidigung von Syrakus durch Archimedes, schließt er, daß der Redner *nullo modo sine geometria esse* könne.

Varro hatte auch außerhalb seiner Enzyklopädie Mathematisches geschrieben; unter seinen zahllosen Büchern werden angeführt *De mensuris* (über Feldmessung?) und *De principiis numerorum*, ohne Zweifel pythagoreische Zahlenmystik, wie wir sie bei Macrobius finden (In Somnium Scipionis I 5—6, besonders über die Siebenzahl).

Martianus Capella läßt in seiner albernen Weise die *Geometria*, nachdem sie die Definitionen und Voraussetzungen Euklids vorgetragen hat, sich anschicken den Beweis für Element. I 1 zu führen, aber die anwesenden Philosophen unterbrechen sie mit Hochrufen auf Euklid (VI 724). Daraus geht soviel hervor, daß die *Στοιχεῖα* damals (im 4. Jahrh.) in Rom wohlbekannt waren. Aus ungefähr derselben Zeit besitzen wir in einem Veronenser Palimpsest eine sehr freie Übersetzung oder Bearbeitung der Bücher XI—XIII Euklids (in der Hs. merkmürdigerweise als XIV—XV gezählt); sie ist aber sicher nie über das erhaltene Arbeitsexemplar des Übersetzers hinausgekommen.[1] Eine wirkliche lateinische Übersetzung der *Στοιχεῖα* gab erst Boetius (gest. 525), der nach Cassiodorius (Var. I 45) auch *Ptolemaeus astronomus*, *Nicomachus arithmeticus* und *Archimedes mechanicus* übersetzte und in seinen Schriften gelegentlich mathematische Kenntnisse zeigt. Von diesen Übersetzungen ist nur die Arithmetik (nach Nikomachos) erhalten (ed. Friedlein, Leipzig 1867, mit der ebenfalls von Cassiodorius erwähnten Übersetzung eines Werks über Musiktheorie, *Pythagoras musicus* nach Cassiodorius). Es ist zwar auch unter Boetius Namen eine Geometrie erhalten, die in verschiedenen Redaktionen vorliegt; aber selbst in der nach den besten Hss. von Friedlein herausgegebenen Gestalt kann sie unmöglich von ihm herrühren; sie wimmelt von Albernheiten und ist von verschiedenartigen Bestandteilen zusammengeflickt.[2] Auf die Definitionen und Voraussetzungen von Euklid I—IV folgen die meisten Sätze derselben Bücher ohne die Beweise, dann Elem. I 1—3 mit den Beweisen, dann als *geometricalis mensae traditio* eines Architas[3] wieder einige Definitionen, eine Beschreibung des *abacus* (*mensa Pythagorica*) und seiner Anwendung auf Multiplikation und Division, endlich als *liber II geometriae* eine Sammlung von Messungen ebener Figuren nach der Art Pseudoherons und der Agrimensoren.[4] Beim Abacus werden als pythagoreisch die sog. Gobarziffern (ohne Null) angeführt, was zu abenteuerlichen Hypothesen über Kenntnisse der Neupythagoreer von den indischen Zahlzeichen Anlaß gegeben hat, die jetzt als abgetan betrachtet werden können,[5] da es feststeht, daß die Geometrie ein mittelalterliches Machwerk ist; aber dessen Verfasser lag eine Übersetzung von Elem. I—IV aus dem Griechischen vor, vielleicht die des Boetius.

[1] Ueber die von Studemund gelesenen Bruchstücke Euclidis Opp. V S. XCIX f.

[2] Weissenborn, AbhGMath. II, 1879, S. 185 ff.; Philologus XLIII S. 507 ff.

[3] Der wirkliche Pythagoreer Archytas ist angeführt Arithm. II 41, Music. III 11, V 17—18.

[4] Am Schluß ein rein agrimensorisches Stück *de montuosa* (*dimensione*), dann noch ein Kapitel über (römische) Bruchrechnung, die ebenfalls pythagoreisch sein soll.

[5] Vgl. Tannery, MSc. V S. 8 ff.

II. Astronomie

Die enge Verbindung, die von Anfang an zwischen Astronomie und Mathematik bestanden hatte, fast wie zwischen Mutter und Tochter, hielt sich trotz der selbständigen und weit ausgreifenden Entwicklung der Tochterwissenschaft das ganze Altertum hindurch; alle bedeutende Mathematiker haben auch über Astronomisches geschrieben. Neben der mathematischen Behandlung der Astronomie ging von jeher die Sternenbeobachtung, die teils an die früh aufgekommenen Sternbilder und Sternsagen anknüpfte, teils für das Kalenderwesen von praktischer Bedeutung war, aber mit dem Fortschritt der Theorie nach und nach einen wissenschaftlichen Charakter annahm.

Ueber Geschichte der antiken Astronomie ist neben den älteren Werken von Schaubach (Geschichte der griechischen Astronomie bis auf Eratosthenes, Göttingen 1802) und Delambre (Histoire de l'astronomie ancienne I—II, Paris 1817) als Hauptwerk zu nennen: P. Tannery, Recherches sur l'historie de l'astronomie ancienne, Paris 1893. Von der Geschichte der Astronomie des Eudemos ist leider viel weniger erhalten als von seinem entsprechenden Werk über die Mathematik (Spengel, Fragm. 94—98). Noch immer nützlich: Petavii Uranologion I—II, Paris 1630.

1. Das homerische Weltbild, die flache auf dem Okeanos schwimmende Erde von der Himmelsglocke überwölbt, hat Anaximandros für immer zerstört durch die Annahme einer die Atmosphäre wie eine Baumrinde umschließenden Himmelskugel, in deren Mitte die tamburinförmige Erde frei schwebe. Die Himmelskörper dachte er sich als hohle Wagenräder, gefüllt mit Feuer, das durch Löcher der Umschließung sichtbar sei. Diese Mischung von genialer Intuition und kindlichen Analogien ist gerade für die junge überkühne ionische Wissenschaft charakteristisch; aber jedenfalls hat Anaximandros durch sein neues Weltbild einer rationellen Erklärung der Bewegungen der Himmelskörper eine vorläufig genügende Bahn geöffnet. Er hatte seine Hypothese durch einen Himmelsglobus veranschaulicht.[1]

Einen gewaltigen Schritt weiter taten die Pythagoreer mit der Annahme der Kugelgestalt der im Zentrum der Welt schwebenden Erde und der Himmelskörper überhaupt,[2] und innerhalb der pythagoreischen Schule wurden bald weitere Fortschritte gemacht; Philolaos gab die für die unmittelbare Anschauung allein natürliche Vorstellung von der Erde als Weltmittelpunkt auf und setzte an ihre Stelle ein Zentralfeuer an, worum die Erde und alle Himmelskörper sich drehten.[3] Der Bedeutung dieser Hypothesen tut es keinen Eintrag, daß sie wahrscheinlich auf apriorische, halb mystische Theorien beruhen von der Vollkommenheit der Kugel und der Würde des Feuers; um die heilige Zahl 10 voll zu bekommen erfand Philolaos eine Gegenerde (*ἀντίχθων*), die sich zwischen Zentralfeuer und Erde drehen sollte und auch zur Erklärung der Häufigkeit der Mondfinsternisse dienen sollte.[4] Über deren Ursache waren die Pythagoreer im klaren nach dem Vorgang des Anaximenes,[5] und die jährliche Sonnen-

[1] Diels, Doxogr. S. 579, 348, 355. Diog. Laert. II 2.

[2] Diog. Laert. VIII 25, 48. Th. Henri Martin, Bullettino Boncompagni V, 1872.

[3] Diels, Doxogr. S. 378.

[4] Ebd. S. 377; Aristoteles, De caelo II 13.

[5] Theon Smyrn. ed. Hiller S. 198 nach Eudemos.

bahn erklärten sie durch die lange festgehaltene Annahme, daß die Sonne wie die übrigen Planeten sich von Westen nach Osten bewege, die Fixsternsphäre dagegen von Osten nach Westen.[1] Ein späterer Pythagoreer, Ekphantos, und ein ebenso unbekannter Mitschüler Hiketas lehrten sogar die Achsendrehung der Erde.[2] Noch im 5. Jahrh. v. Chr. hatte Oinopides von Chios Kenntnis des Tierkreises und der Neigung der Ekliptik sowie des „großen Jahres", d. h. der Periode, nach deren Ablauf alle astronomischen Erscheinungen sich wiederholen; er setzte sie zu 59 Jahren an und stellte in Olympia eine Bronzetafel auf mit dieser Angabe.[3] Nach Eudemos hatte er die Konstruktionen Euklids Elem. I 12 (Errichtung einer Senkrechten) und 23 (Konstruktion eines Winkels an einem gegebenen Punkt einer Geraden) angegeben, weil er sie für seine astronomischen Untersuchungen nötig hatte,[4] und im pseudoplatonischen Dialog *Ἐρασταί* (132a—b) treffen wir zwei junge Leute Kreise zeichnend und ihre Neigungen mit den Händen nachahmend, indem sie über einen Satz des Anaxagoras oder des Oinopides streiten. Oinopides wird also als in Athen bekannt betrachtet, wohin sein etwas älterer[5] Zeitgenosse Anaxagoras die Ergebnisse der ionischen Astronomie gebracht hatte. Bekanntlich erregten seine Äußerungen über Sonne und Mond, die er als einen *μύδρος διάπυρος* und eine Erde bezeichnete, bei der altgläubigen Reaktion gegen Perikles ein so peinliches Aufsehen, daß er die Stadt verlassen mußte, um einer Anklage *ἀσεβείας* zu entgehen.[6]

2. Festen Fuß in Athen gewann die Astronomie erst durch Platon, der, seitdem er sich in reiferen Jahren unter pythagoreischem Einfluß diesen Fragen zugewandt, nicht aufgehört hat sich damit zu beschäftigen.[7] Das phantastische Weltbild seines „Phaidons" setzt die im Zentrum des Himmelraums ruhende Erdkugel voraus (108e—109a); im „Timaios" (38d ff.) spricht er von der Eigenbewegung der Planeten als der des Fixsternhimmels entgegengesetzt, so daß ihre Bahn ein *ἕλιξ* werde; das im einzelnen auszuführen würde zu weitläufig werden und wird auf später verschoben, wenn einmal Muße dafür vorhanden. Die Erde nennt er (40b) *ἰλλομένην περὶ τὸν διὰ πάντος πόλον τεταμένον*, und diese Worte (deren Überlieferung übrigens schwankt) verstand Aristoteles von der Achsendrehung (De caelo II 293b), aber seine Deutung ist seit dem Altertum[8] bestritten; es ist jedoch zu bemerken, daß eine (freilich etwas dunkle) Stelle der *Νόμοι* (VII 821b—822c) kaum anders verstanden werden kann denn als eine feierliche Verkündigung der Bekehrung zur Annahme der Achsendrehung der Erde.[9] Ferner haben wir das unverwerfliche Zeugnis Theophrasts[10] dafür, daß Platon in seinem Alter es bereut habe, daß er früher

[1] Diels, Doxogr. S. 345.
[2] Diels, Fragm. d. Vorsokr.[3] I S. 340.
[3] Diels, Doxogr. S. 341, 363; Theon Smyrn. S. 198; Censorinus 19, 2. Die ägyptischen Priester behaupteten, er habe seine Kenntnisse von ihnen (Diodor I 98, 3), und für „das große Jahr" wird das richtig sein. — Die Tafel in Olympia Aelian, Var. hist. X 7.
[4] Proklos in Eucl. S. 283. 333.
[5] Ebd. S. 66.
[6] Diels, Fragm. d. Vorsokr[3] I S. 375 ff; Platon, Apol. 26d.
[7] Const. Ritter, Platons Stellung zu den Aufgaben d. Naturwissenschaft, Heid. Ak. Sbb. 1919. Th. Henri Martin, Études sur le Timée de Platon, I—II, Paris 1841.
[8] Simplikios in Aristot. de caelo S. 517ff.
[9] Schiaparelli, I precursori di Copernico nell'antichità, Milano 1873.
[10] Diels, Doxographi S. 494.

der Erde die zentrale Lage im Weltraum eingeräumt habe; er muß also zuletzt das Zentralfeuer des Philolaos angenommen haben.

In diesen Fragen ist Platon offenbar nur rezeptiv; einen positiven Verdienst von der Astronomie hat er dagegen durch die vortreffliche Formulierung ihrer Hauptaufgabe: zu zeigen, wie die Bewegungen der Planeten sich aus regelmäßigen Kreisbewegungen erklären lassen.[1]

Als Antwort auf diese Forderung Platons erdachte Eudoxos sein geniales System der homozentrischen Sphären,[2] das durch Kombination von 26 unter sich verbundenen, jeder um ihre eigene Achse sich drehenden Sphären[3] eine befriedigende Erklärung der Planetenbewegungen gab; die dabei entstehenden Raumkurven[4] handhabt er mit der größten Sicherheit.

Eine Lücke im System suchte etwa 40 Jahre später Kalippos auszufüllen durch die Annahme 7 weiterer Sphären, und in Verkennung des rein theoretisch-mathematischen Charakters der Hypothese verdarb Aristoteles sie durch Hinzufügung von noch 22 „zurückrollenden“ Sphären (*ἀνελίττουσαι, ἀνταναφέρουσαι*).[5]

Welches Weltsystem Archimedes dargestellt hatte in seinem berühmten Planetarium, das Marcellus bei der Eroberung von Syrakus erbeutet und nach Rom gebracht hatte,[6] ist unsicher; nach Ciceros Worten *eam a Talete Milesio primum esse tornatam, post autem ab Eudoxo Cnidio* denkt man zunächst an das Eudoxische, was auch an und für sich das wahrscheinlichste ist. Jedenfalls war es nicht das kürzlich bekannt gewordene des Aristarchos von Samos, wofür gerade Archimedes unser Hauptgewährsmann ist; er sagt (*Ψαμμίτης* I 4 ff.), daß Aristarchos die Sonne im Zentrum der Weltkugel angesetzt habe und um diesen Mittelpunkt sowohl die Erde als die Fixsternsphäre sich drehen lasse, also das Koppernikanische System.[7] Einen Schritt in die Richtung scheint schon Herakleides aus Pontos, ein Schüler Platons, getan zu haben; wenn auch die Zeugnisse nicht ganz unzweideutig sind, bleibt es wahrscheinlich, daß er nicht nur die Achsendrehung der Erde anerkannt hat, sondern auch dem System Tycho Brahes wenigstens nahe gekommen ist (Merkur und Venus um die Sonne kreisend).[8] Aber der kühne Gedanke Aristarchs wurde von den

[1] Simplikios in Aristot. de caelo S. 488, 492 f. Vgl. Epinomis 990 a. Vielleicht durch die Pythagoreer angeregt, jedenfalls in ihrem Geiste (Geminos, *Εἰσαγ.* I 19—21).

[2] Aristoteles, Metaphys. XII 1073 b ff., Simplikios in Aristot. de caelo S. 488 ff. Schiaparelli, Le sfere omocentriche di Eudosso, di Calippo e di Aristotele, Milano 1875. Tannery, MSc. I S. 1 ff., S. 317 ff. Es war dargestellt in seinem Buch *Περὶ ταχῶν* (Simplikios a. O. S. 494, 12). — Künssberg, Eudoxos von Knidos I, Dinkelsbühl 1888, S. 47 ff. — Unter dem Titel *Εὐδόξου τέχνη* ist in einem Papyrus des 2. Jahrh. v. Chr. ein unbedeutender und an Irrtümern reicher astronomischer Traktat erhalten (ed. F. Blass, Kiel 1887), den ein Leptines mit Benutzung eines didaktischen Gedichtes in iambischen Senaren niedergeschrieben hat; wie viel davon auf Eudoxos zurückgeht, ist unsicher (Tannery, MSc. II S. 407 ff.).

[3] Für Sonne und Mond je 3, für die 5 Planeten je 4.

[4] Die *ἱπποπέδη*, eine der spirischen Kurven (Proklos in Eucl. S. 127, 1; 128, 5).

[5] Aristoteles, Metaph. 1073 b f., Simplikios in Aristot. de caelo S. 493 ff.

[6] Cicero, De republ. I 21 f. Heiberg, Quaestiones Archimed. S. 42, Archimedis Opp. II S. 551 ff. Er hatte sie beschrieben in einem besonderen Buch *Περὶ σφαιροποιίας*. Seinen Himmelsglobus hatte Marcellus im Templum Virtutis aufgestellt.

[7] Vgl. Diels, Doxogr. S. 355. Er war ein Schüler des Peripatetikers Straton (ebd. S. 313).

[8] Hultsch, NJb. 1896, S. 305 ff. Bei Diels, Doxogr. S. 378, wird ihm nur die Annahme der Achsendrehung zugeschrieben. — Voss,

führenden Astronomen der Folgezeit verworfen; der Stoiker Kleanthes fand ihn gotteslästerlich,[1] und er wurde vergessen; nur der Astronom Seleukos (um 150) suchte seine Hypothese zu beweisen.[2]

Von Aristarchos haben wir ein Schriftchen *Περὶ μεγεθῶν καὶ ἀποστημάτων ἡλίου καὶ σελήνης*,[3] das Ansätze zu trigonometrischen Berechnungen zeigt[4] und für den Mond zu einigermaßen befriedigenden Ergebnissen kommt, für die Sonne dagegen zu keiner annehmbaren Annäherung an das Richtige.[5]

Das von Aristarchos hier behandelte Problem hatte lange die Forschung beschäftigt. Die Vermutungen der älteren Philosophen sind ganz willkürlich.[6] Archimedes (*Ψαμμ.* I 9) gibt an, daß Eudoxos den Durchmesser der Sonne = 9 Monddurchmessern, Pheidias (der Vater des Archimedes) = 12 gerechnet hatten, Aristarchos (Prop. 9) > 18 aber < 20; er selbst gibt (a. O. I 12 ff.) eine einfache Vorrichtung an um die obere und untere Grenze mit grober Annäherung zu bestimmen mit sehr besonnenen Bemerkungen über die Schwierigkeit einer exakten Bestimmung.[7]

Nach Archimedes (a. O. I 5) hat Aristarchos gesagt, daß die Erdbahn sich zur Fixsternsphäre verhalte wie das Zentrum einer Kugel zur Oberfläche. Archimedes gibt eine gezwungene Deutung dieses allerdings unmathematischen Ausspruchs; Aristarchos hat damit sicher nur die ungeheure Entfernung der Fixsternsphäre bezeichnen wollen. Herakleides und sein Gesinnungsgenosse Seleukos taten den Schritt vollaus und erklärten den *κόσμος* für unendlich (*ἄπειρος*),[8] ein für die gewöhnliche griechische Vorstellung revolutionärer Gedanke.

Für die Bewegung der Planeten wurden um diese Zeit zwei mathematische Erklärungen ersonnen, die Theorie der Epizyklen und die der exzentrischen Kreise.[9] Erstere wird speziell auf Merkur und Venus angewandt und steht ohne Zweifel in Verbindung mit dem System des Herakleides; letztere wird wesentlich Apollonios von Perge[10] verdankt, der sie als gleichwertig der Epizyklenhypothese in der von ihm verallgemeinerten Gestalt an die Seite stellte.

3. Von der Entwicklung der Trigonometrie und der Sphärik im Zusammenhang mit der Astronomie war oben (S. 35 f.) die Rede; das dort erwähnte Lehrbuch der Sphärik, worauf Theodosios baut, kann möglicherweise auf Eudoxos zurückgehen; jedenfalls lag sie schon dem Autolykos (aus der

De Heraclidis Pontici vita et scriptis, Rostock 1896. Staigmüller, ArchGPh. XV, 1902, S. 141 ff.

[1] Plutarchos, De facie in orbe Lunae 6. Vgl. Theon Smyrn. S. 200.

[2] Plutarchos, Quaestiones Platon. 8. Diels, Doxogr. S. 383.

[3] Herausgegeben u. a. von Nizze, Stralsund 1856, und mit kritischem Apparat (und einer Uebersicht der Geschichte der griechischen Astronomie) von Th. Heath, Oxford 1913. Vgl. Pappos VI 69 ff.

[4] Tannery, MSc. I S. 371 ff.

[5] Nach Archimedes, *Ψαμμ.* I 10, hat er später für den Sonnendurchmesser eine viel bessere Annäherung gefunden ($\frac{1}{2}^0$ statt 2^0).

[6] Diels, Doxogr. S. 351 f. ($\overline{\kappa\alpha}$), 357 ($\overline{\kappa\varsigma}$), 362 ($\overline{\lambda\alpha}$).

[7] *διὰ τὸ μήτε τὰν ὄψιν μήτε τὰς χεῖρας μήτε τὰ ὄργανα, δι' ὧν δεῖ λαβεῖν, ἀξιόπιστα εἶμεν τὸ ἀκριβὲς ἀποφαίνεσθαι* (a. O. I 11).

[8] Diels, Doxogr. S. 328.

[9] Ausführlich dargestellt bei Theon Smyrn. S. 181 ff. Vgl. Geminos, *Εἰσαγ.* I 34 ff.

[10] Ptolemaios, Synt. XII 1, wo seine Beweise wiedergegeben werden (vgl Synt. I² S. 456, 9 ff.). Hipparchos bevorzugte die Epizyklenhypothese, die er (mit Unrecht) für sich in Anspruch genommen zu haben scheint (Theon S. 188, 16). Vgl. Apollonii Opp. II S. 139.

aiolischen Pitane, gegen Ende des 4. Jahrh. v. Chr.)[1] vor. Von ihm haben wir zwei Werke, die ältesten erhaltenen griechischen Schriften mathematischen Inhalts, worin die Geometrie der Kugel direkt für astronomische Zwecke verwendet wird, *Περὶ κινουμένης σφαίρας*, über das Verhalten schiefer (*λοξοί*) und zur Achse senkrecht stehender Kreise bei der Achsendrehung einer Kugel, und *Περὶ ἐπιτολῶν καὶ δύσεων* I—II, über die wahren und scheinbaren Auf- und Untergänge der Fixsterne.[2] An ersteres Werk schließen sich die *Φαινόμενα* des Eukleides,[3] worin von der Voraussetzung aus, daß alle Fixsterne an *einer* Sphäre befestigt sind, deren Pol der Polarstern und deren Zentrum die Erde ist, die Bewegungen der Hauptkreise, Horizont, Meridiane, Wendekreise, Tierkreis und dessen Teile, dargestellt werden. Den Aufgang der Teile des Tierkreises für den Breitegrad Alexandreias bestimmt der oben (S. 35) erwähnte Mathematiker Hypsikles in einer kleinen Abhandlung, dem *Ἀναφορικός*,[4] worin die Einteilung der Kreisperipherie in 360° als etwas schon Bekanntes erwähnt wird (Prop. 4), für uns zum erstenmal auf griechischen Boden.[5] Sie stammt wie die zur selben Zeit aufkommende Stundenteilung[6] aus Babylon, wo Sternkunde von jeher zu Hause war. Durch den Zug Alexanders wurden die alten chaldäischen Observationen den griechischen Astronomen zugänglich;[7] aber sie beobachteten auch selbständig den Himmel. Von Archimedes[8] und seinen alexandrinischen Freunden Konon und Dositheos sowie von Aristarchos, Kalippos, Menelaos, Aristyllos, Timocharis und anderen sind uns Observationen überliefert.[9] Diese betreffen sowohl die Planeten als die Fixsterne und bezwecken z. T. eine genaue Bestimmung der Jahreslänge. Die besonders für den Festkalender so unbequeme Unübereinstimmung zwischen dem ursprünglichen Mondjahr und der Umlaufszeit der Sonne hatte schon im 4. Jahrh. v. Chr. Ausgleichsversuche hervorgerufen. In Athen hatten Meton und Euktemon einen 19jährigen Schaltzyklus aufgestellt, laufend vom J. 432;[10] noch älter war eine Octoeteris.[11] Kalippos korrigierte den Metonischen Zyklus in eine 76jährige.[12]

[1] Nach Diogenes Laërt. IV 29 war er Lehrer seines Mitbürgers des Akademikers Arkesilaos. Tannery, MSc. II S. 225 ff.

[2] Ed. F. Hultsch, Leipzig 1885 (mit den Scholien, vgl. Pappos VI 33—47). Ueber die Planetenhypothesen hatte er einen Streit mit Aristotheros, dem Lehrer des Aratos (Simplikios in Aristot. de caelo S. 504).

[3] Sie liegen in zwei Redaktionen vor mit vielen Interpolationen, beide Euclidis Opp. VIII (H. Menge). Pappos VI 104 ff.; Heiberg, Studien üb. Euklid S. 47 ff.

[4] Ed. C. Manitius, Dresden 1888. Voran gehen 3 Sätze über Differenzreihen.

[5] Singulär ist die Einteilung des Kreises in 720 *στιγμαί* in einer inschriftlich erhaltenen Planetentafel ungefähr aus dem J. 100 (gefunden in Keskinto auf Rhodos) Insc. mar. Aeg. I nr. 913. Vgl. Tannery, MSc. II S. 487 ff.; Norb. Herz, Wien. Ak. Sbb. 1894.

[6] Das Wort *ὥρα* (Jahreszeit) bekam die neue Bedeutung: Stunde.

[7] Simplikios in Aristot. de caelo S. 506: *τὰς ὑπὸ Καλλισθένους ἐκ Βαβυλῶνος ἐκπεμφθείσας τηρήσεις . . . Ἀριστοτέλους τοῦτο ἐπισκήψαντος αὐτῷ, ἃς ἱστορεῖ Πορφύριος ἐτῶν εἶναι χιλίων καὶ μυριάδων τριῶν ἕως τῶν Ἀλεξάνδρου τοῦ Μακεδόνος σωζομένας χρόνων*; Ptolemaios, Synt. I[1] S. 340, 2: *τῶν ἐκ Βαβυλῶνος διακομισθεισῶν*, von Hipparchos und Ptolemaios benutzt, s. Ptolemaei Opp. II Index s. v. *Βαβυλών* u. *Χαλδαϊκός*.

[8] Benutzt von Hipparchos, Ptolemaei Opp. I[1] S. 195 (zur Bestimmung der Jahreslänge), vgl. Archim. Opp. II S. 554 Fr. 23.

[9] S. Index zu Ptolemaios u. den Namen.

[10] Diodor. XII 36; Aelian, Var. hist. X 7; Censorinus 18, 8; Geminos VIII 50.

[11] Geminos VIII 27 ff. Censorinus 18, 5 führt sie auf Eudoxos zurück. Eratosthenes hatte darüber geschrieben (Geminos VIII 24).

[12] Geminos VIII 59—60: andere, ohne prak-

Man hatte auch früh angefangen Kalender zusammenzustellen, worin Auf- und Niedergänge einiger der wichtigeren Sterne angegeben waren nebst meteorologischen Beobachtungen; Ptolemaios zählt in seinem Sternkalender (Opp. II S. 67) seine Vorgänger auf, deren Demokritos der älteste ist (Diels, Fragm. d. Vorsokr. II S. 63 ff.).[1]

4. Die Idee einzelne auffallende Sterngruppen zu Sternbildern zusammenzufassen ist auch bei den Griechen uralt.[2] In den homerischen Gedichten und bei Hesiodos kommen außer Abend- und Morgenstern und Sirius die Hyaden, Pleiaden, Orion, Bootes und der große Bär vor; dieser wird als allein *ἄμμορος λοετρῶν Ὠκεανοῖο* bezeichnet und wird auch *ἅμαξα* genannt Odyss. V 272 ff., aus welcher Stelle die Bedeutung der Sternbilder für die Seefahrer hervorgeht. Schon im 4. Jahrh. v. Chr. hatte Kleostratos aus Tenedos die Sternbilder, namentlich des Tierkreises, in Versen beschrieben; der chaldäisch-ägyptische Einfluß, der schon bei ihm wahrscheinlich ist, machte sich immer mehr geltend, und man sonderte in der Darstellung der Sternbilder zwischen einer *sphaera Graecanica* und einer *sphaera barbarica*,[3] den griechischen und den ägyptisch-babylonischen Sternbildern. Die alexandrinischen Gelehrten interessierten sich dafür. Eratosthenes hatte sowohl die Sternsagen poetisch benutzt[4] als auch einen Katalog der Sternbilder mit den daran geknüpften Sagen gegeben. Von diesem gibt es unter seinem Namen einen Auszug, die *Καταστερισμοί* (ed. C. Robert, Berlin 1878). Konon, der Freund des Archimedes, gab einem Sternbild den Namen *Βερονίκης πλόκαμος* zu Ehren der Gemahlin des Ptolemaios Euergetes.[5] Besonders beliebt waren die *Φαινόμενα* des Aratos, eine versifizierte Beschreibung der Sternbilder und Wetterzeichen.[6] Das Gedicht sagte dem gelehrten Geschmack der Zeit zu und wurde eifrig kommentiert;[7] durch die mit Bildern versehenen lateinischen Übersetzungen (es gab deren vier, darunter eine von Cicero) hat es im Mittelalter großen Einfluß geübt, auch auf die Kunst.

5. Unter den Kommentatoren des Aratos ist auch der bedeutendste griechische Astronom (im engeren Sinne) Hipparchos von Nikaia (um 150 v. Chr.). Es ist ein trauriges Zeichen des sinkenden Verständnisses für die Wissenschaft, daß von seinen zahlreichen, z. T. grundlegenden Schriften nur ein wenig bedeutendes Jugendwerk erhalten ist, eben sein Kommentar

tische Bedeutung ebd. 8, 36 ff. S. im allgemeinen Ginzel, Handbuch der mathematischen u. techn. Chronologie II, Leipzig 1911. Aug. Böckh, Ueber die vierjährigen Sonnenkreise der Alten, vorzüglich den Eudoxischen, Berlin 1863.

[1] Die Ausgabe der literarisch erhaltenen von Wachsmuth, Laurent. Lyd. De ostentis², Leipzig 1897, S. 287 ff., bedarf sehr der Ergänzung, s. Boll-Rehm, Griechische Kalender I—III, Heid. Ak. Sbb. 1910—13. Geminos S. 210 ff. Grenfell-Hunt, Hibeh Papyr. I, London 1906, S. 138 ff. Inschriftlich erhalten Fragmente aus Milet (Diels-Rehm, Berl. Ak. Sbb. 1904), wodurch die Bezeichnung *παράπηγμα* verständlich geworden; man steckte kleine Stifte mit dem bürgerlichen Datum bei den Angaben des Kalenders.

[2] Hauptwerk: F. Boll, Sphaera, Leipzig 1903. Thiele, Antike Himmelsbilder, Berlin 1898.

[3] Nigidius Figulus hatte (nach griechischen Quellen) über beide geschrieben, Swoboda S. 106 ff., 128.

[4] Eratosthenis carminum reliquiae ed. E. Hiller, Leipzig 1872.

[5] Scholl. in Arat. 144, Catullus 66, 6, der ein Gedicht des Kallimachos auf das Ereignis übersetzt.

[6] Ed. E. Maass, Berlin 1893.

[7] E. Maass, Aratea, Berlin 1892; Commentariorum in Aratum reliquiae, Berlin 1898.

zu Aratos,[1] in dem er dessen Fehler korrigiert und die Auf- und Untergänge der wichtigsten Sternbilder und ihrer Sterne nach eigenen Observationen angibt (I 1, 5 ff.). Seine Arbeiten zeichneten sich durch strenge Exaktheit aus; er hat in großem Umfange astronomische Beobachtungen systematisch betrieben und diese solide Grundlage erst recht zu Ehren gebracht und zu einer Reihe wichtiger Feststellungen benutzt. In zwei Schriften hat er sich mit Berichtigung der bisher angenommenen Jahreslänge von 365¼ Tagen beschäftigt;[2] er fand sie 0,08 Stunde zu groß.[3] Mit den Bahnen der Sonne und des Mondes[4] hat er sich eingehend beschäftigt mit Benutzung der chaldäischen Beobachtungen der Mondfinsternisse;[5] nach Plinius (Nat. hist. II 54) hatte er die Finsternisse für 600 Jahre vorausbestimmt. Auch die Größe und Entfernung von Sonne und Mond hat er versucht näher zu bestimmen.[6] Hipparchos erlebte (im J. 134) das Erscheinen eines neuen Sterns; dies Ereignis soll (Plinius, Nat. hist. II 95) ihn veranlaßt haben einen Fixsternkatalog anzulegen. Eine Vorarbeit war das von Eratosthenes in den Katasterismen benutzte Verzeichnis der Sterne einiger Sternbilder, wahrscheinlich von Timocharis (Scholl. in Arat. 269).[7] Wie viel Sterne er verzeichnet hatte (mit Angabe ihrer Lage und scheinbarer Größe), ist nicht ganz sicher, aber die in einem Aratoskommentar (S. 128, 13 Maass) angegebene Zahl 1080 ist sicher zu hoch; andere Quellen[8] führen eher auf höchstens 850. Suidas gibt den Titel *Περὶ τῆς τῶν ἀπλανῶν συντάξεως καὶ τοῦ ἀστερισμοῦ*; Ptolemaios zitiert *αἱ περὶ τῶν ἀπλανῶν ἀναγραφαί* (I² S. 3, 8) oder *ὁ τῆς στερεᾶς σφαίρας ἀστερισμός* (I² S. 11, 23) und hat einige direkte Angaben daraus erhalten (Opp. II S. 276). Bei ihm finden sich auch viele meteorologische und ähnliche Angaben, wie die Sternkalender sie zu führen pflegten.[9] Eine Abhandlung *Περὶ τῆς τῶν ιβ′ ζῳδίων ἀναφορᾶς* ist nur bei Pappos (VI 109) erwähnt.

Die Fixsternbeobachtungen verglichen mit älteren Observationen (des Aristyllos und Timocharis, Ptolem. Opp. I² S. 2—3) führte ihn auf die Entdeckung der Präzession, die er in der Abhandlung *Περὶ τῆς μεταπτώσεως τῶν τροπικῶν καὶ ἰσημερινῶν σημείων* dargelegt hatte,[10] mit einigem Vorbehalt wegen der geringen Zahl der zuverlässigen älteren Observationen; auch in der Schrift über die Jahreslänge hatte er sich vorsichtig darüber ausgesprochen.[11]

Wenn einige der Ergebnisse Hipparchs, namentlich in bezug auf die

[1] Ed. C. Manitius, Leipzig 1894.

[2] *Περὶ ἐμβολίμων μηνῶν τε καὶ ἡμερῶν* Ptolemaios, Synt. I¹ S. 207, und *Περὶ τοῦ ἐνιαυσίου χρόνου* (so Hipparchos selbst in der *ἀναγραφὴ τῶν ἰδίων συνταγμάτων* a. O. S. 207, 18; Ptolemaios zitiert *Περὶ ἐνιαυσίου μεγέθους* I¹ S. 206 ff., I² S. 15 ff.).

[3] Ptolemaios I¹ S. 207, 24 ff.

[4] *Περὶ παραλλακτικῶν* Ptolemaios I¹ S. 450 f., *Περὶ τῆς κατὰ πλάτος μηνιαίας τῆς σελήνης κινήσεως* Suidas; vgl. Galenos IX S. 907.

[5] Ptolemaios I¹ S. 270, 19 ff. Ueber Sonnenfinsternisse Achilles Tatios Comment. in Arat. S. 47, 13 Maass.

[6] *Ἡ περὶ ἀποστημάτων καὶ μεγεθῶν πραγματεία ἡλίου καὶ σελήνης* Theon Smyrn. S. 197; *De secessibus atque intervallis solis et lunae* Chalcidius in Platonis Tim. 91; Ptolemaios, Synt. I¹, S. 402, 8 ff.; 421, 19. Vgl. Pappos VI 70. Hultsch, Sächs. Ber. 1900, S. 169 ff. (Pappos bei Theon in Ptolem. Synt. V S. 256 ed. Basil.).

[7] Ebd. die Angabe, daß ein Eudemos in der Lyra 9 Sterne zählte.

[8] Boll, BMa. 1901 S. 185 ff.

[9] Gesammelt Ptolem. Opp. II S. 276²—277.

[10] Ptolemaios, Synt. I¹ S. 194, 17 ff.; I² S. 12, 21; 13, 3 ff.; 17, 14 mit 2 wörtlichen Zitaten.

[11] Ptolemaios, Synt. I² S. 17, 21 ff.

Sonne, trotz aller Sorgfalt fehlerhaft sind, liegt das wesentlich an der Mangelhaftigkeit der Instrumente, worüber er verfügte.

Zur Bestimmung der Durchmesser der Sonne und des Mondes, die man früher in unvollkommener Weise so berechnet hatte, daß man mittels einer Wasseruhr[1] die Zeitdauer des Aufganges feststellte, hatte er ein Visierinstrument konstruiert,[2] das noch Ptolemaios benutzte. Daneben waren die wichtigsten Instrumente zur Sternbeobachtung der Meridiankreis (*ὁ μεσημβρινός sc. κύκλος*) und der Astrolab (*ὁ ἀστρολάβος*).[3] Die Äquinoktien hatte Hipparchos bestimmt mittels eines *χαλκοῦς κρίκος* (Armillarsphäre), der in der *Τετράγωνος στοά* zu Alexandria aufgestellt war;[4] zwei solche Ringe, *παρ' ἡμῖν ἐν τῇ παλαίστρᾳ* aufgestellt, benutzte Ptolemaios zu demselben Zweck.[5]

6. Bei aller Bewunderung für die exakte Forschung des Hipparchos kann man nicht umhin das sich nahende Epigonentum selbst bei ihm zu spüren; seine vorsichtige Kritik hat etwas Unfruchtbares. So hatte er für die Planeten sich damit begnügt die Beobachtungen zusammenzustellen und ihre Nichtübereinstimmung mit den vorliegenden Hypothesen ihre Bahnen betreffend festzustellen ohne einen Erklärungsversuch zu wagen,[6] und die revolutionierende Annahme des Aristarchos hat er gar nicht beachtet.

Ohne Zweifel hat man auch nach ihm in Alexandria und auf Rhodos weiter beobachtet, aber unter der römischen Herrschaft gingen diese Studienzentren allmählich ein, und die Wissenschaft trat in den Schatten. Einiges Interesse für ihre hier behandelten Gebiete zeigte im 1. Jahrh. v. Chr. der Stoiker Poseidonios aus Apameia. Über seine Beschäftigung mit dem System der Elementargeometrie (S. 35) und Zahlenmystik (S. 40) ist oben gesprochen; astronomische Fragen hatte er behandelt in dem großen Werke *Περὶ μετεώρων* oder *Μετεωρολογικὴ στοιχείωσις*;[7] außerdem hatte er eine besondere Abhandlung über Größe und Entfernung der Sonne geschrieben[8] und ein Planetarium verfertigt, das die Bewunderung Ciceros erregte (De deor. nat. II 88). Überhaupt war sein Einfluß auch bei den Römern groß. Innerhalb der griechischen astronomischen Literatur ist er benutzt von Geminos in der *Εἰσαγωγὴ εἰς τὰ φαινόμενα*,[9] einer kurzen und klaren Übersicht der astronomischen Grundbegriffe. Er hat auch einen Kommentar zur Meteorologie des Poseidonios verfaßt.[10] Noch viel

[1] Ptolemaios, Synt. I[1] S. 416; Proklos, Hypotyp. 4, 71 ff. Ueber antike Uhren vgl. Diels, Antike Technik[2], Leipzig 1920, S. 155 ff. Aeltere Hauptdarstellung Bilfinger, Zeitmesser der antiken Völker, Stuttgart 1886.

[2] *ἡ διὰ τοῦ τετραπήχους κανόνος διόπτρα* Ptolemaios, Synt. I[1] S. 417; Pappos in Ptolem. S. 262 ed. Basil.; Proklos, Hypotyp. 4, 73 ff. Hultsch, Winkelmessungen durch die Hipparchische Dioptra, AbhGMath. 1899. Ein Instrument dieses Namens hat Dikaiarchos benutzt (Theon Smyrn. S. 124, 21) und erwähnt Euklid (*Φαινόμ.* prop. 1); es wird aber wesentlich einfacher gewesen sein. Archimedes (*Ψαμμ.* I, 10 ff.) konstruiert selbst ein Instrument zur Bestimmung des scheinbaren Sonnendurchmessers. Vgl. Ptolemaios, Synt. I[1] S. 369.

[3] Ptolemaios, Synt. I[1] S. 64 ff. und V 1; Proklos, Hypotyp. 3, 4 ff. und 6. Vgl. Manitius, Das Weltall 1905, S. 399 ff.

[4] Ptolemaios, Synt. I[1] S. 195, 5 f.; 196, 8.

[5] Ptolemaios, Synt. I[1] S. 197, 17 f.

[6] Ptolemaios, Synt. I[2] S. 210.

[7] Posidonii Rhodii reliquiae doctrinae coll. J. Bake, Lugd. Bat. 1810, S. 58 ff., 76 ff.

[8] Kleomedes II 7. Hultsch, Gött. Abh. 1897 S. 6 ff.

[9] Ed. Manitius, Leipzig 1898. Das angehängte Kalendarium (S. 210 ff.) scheint nicht zugehörig, s. Manitius S. 280 ff. Ueber seine Systematik der Mathematik oben S. 35.

[10] Simplikios in Aristot. Phys. I S. 291 f.: *(τοῦ Γεμίνου) ἐκ τῆς ἐπιτομῆς ⟨τῆς?⟩ τῶν Ποσει-*

abhängiger von Poseidonios ist das unter dem Namen eines Kleomedes erhaltene Kompendium der Astronomie,[1] und Diodoros aus Alexandria, der zur Erklärung des Aratos die Meteorologie ausgenutzt hatte.[2]

Als Cäsar im J. 46 das gänzlich zerrüttete römische Kalenderwesen in Ordnung bringen wollte, fand er die nötige sachkundige Hilfe bei dem Astronomen Sosigenes;[3] aus einer Schrift von ihm, die eine Kritik der Sphärentheorien des Aristoteles und anderer enthielt, haben wir interessante und sachkundige Auszüge bei Simplikios.[4]

Der Mathematiker Menelaos, dessen sphärische Trigonometrie oben (S. 36) erwähnt ist, war auch beobachtender Astronom; zwei Sternobservationen, die er im J. 98 n. Chr. in Rom gemacht hatte, sind bei Ptolemaios erhalten,[5] und nach arabischen Nachrichten hat er einen Fixsternkatalog verfaßt, der von Ptolemaios ausgenutzt ist.[6]

Auch Theon aus Smyrna, dessen oben (S. 40) erwähntes Buch *Τὰ κατὰ τὸ μαθηματικὸν χρήσιμα εἰς τὴν Πλάτωνος ἀνάγνωσιν* auch einen Abschnitt über Astronomie enthält,[7] hat Observationen gemacht, wahrscheinlich in Alexandria; einige Planetenbeobachtungen aus den Jahren 129—132 hat er Ptolemaios mitgeteilt.[8]

7. Eine für das Altertum abschließende Zusammenfassung der bisherigen Resultate gibt die *Μαθηματικὴ σύνταξις* des Klaudios Ptolemaios (in 13 Büchern).[9] Er ist zwar kein bloßer Kompilator — eigene Observationen, auf der Sternwarte in Alexandria gemacht, führt er an aus den Jahren 127—147[10] —, aber das Beste verdankt er seinen Quellen, und die Bedeutung, die sein Werk für unsere Kenntnis der griechischen Astronomie hat, darf darüber nicht hinwegtäuschen, daß seine Kritik und seine Arbeitsweise zu wünschen übrig läßt.[11] Außer diesem Hauptwerk hat Ptolemaios eine Reihe anderer Schriften verfaßt, auch philosophische (er schließt sich wesentlich an Aristoteles an); seine mathematischen Arbeiten wurden oben S. 36 erwähnt, über seine Geographie, Astrologie, Mechanik und Musiklehre wird noch die Rede sein.[12] Zur Astronomie gehören folgende:[13]

δωνίου Μετεωρολογικῶν ἐξηγήσεως; Priscianus Lydus ed. Bywater S. 42, 10: *ex commento Gemini Posidonii de Μετεώρων*. Ueber das Verhältnis zwischen diesem Kommentar und der *Εἰσαγωγή* sowie über den Charakter der letzteren herrscht Unklarheit (Manitius a. O. S. 239 ff., die Literatur verzeichnet ebd. S. 238), Tannery, La géométrie grecque, Paris 1887, S. 18 ff.).

[1] *Κυκλικῆς θεωρίας μετεώρων βιβλία δύο*, ed. H. Ziegler, Leipzig 1891. Ein Scholion am Schluß (S. 228): *τὰ πολλὰ δὲ τῶν εἰρημένων ἐκ τῶν Ποσειδωνίου εἴληπται.*

[2] Diels, Doxogr. S. 19 ff.

[3] Plinius, Nat. hist. XVIII 211, vgl. II 39.

[4] In Aristot. de caelo S. 488, 498 ff., 509 f.

[5] Synt. I S. 30, 33.

[6] Björnbo, BMa. 1901 S. 196 ff.

[7] S. 120—205 Hiller. Hauptquelle der Timaioskommentar des Adrastos (S. 120, 6 ff.).

[8] Synt. I² S. 296, 14; 297, 21; 299, 12; vgl. 275, 4.

[9] Kritische Ausgabe von Heiberg, I¹⁻² —II, Leipzig 1898—1907. Deutsche Uebersetzung von K. Manitius, I—II, Leipzig 1912—13. F. Boll, Studien über Claudius Ptolemäus, Leipzig 1894.

[10] Ptolemaei Opp. Index II S. 280. Eine vereinzelte aus dem J. 151 (I² S. 297, 5) beruht wohl auf einem Schreibfehler (*ιδ* statt *δ'*).

[11] So ist z. B. sein Fixsternkatalog flüchtig und ohne sonderliche eigene Beobachtung zusammengeschrieben nach Hipparchos und Menelaos, s. Tannery, Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne, Paris 1893, S. 264 ff., welches Werk überhaupt die beste Analyse der Syntaxis gibt.

[12] In den Hss. der Syntaxis und in der Anthologie ist ein hübsches Epigramm von ihm erhalten, s. Boll, Sokrates, Berlin 1921.

[13] Ptolemaei Opp. II, Leipzig 1907.

Φάσεις, ein Sternenkalender mit Angabe der Auf- und Untergänge einer Reihe größerer Sterne nebst Wetterprognosen nach älteren Kalendern von Demokrit an bis Caesar; das erste Buch ist verloren; es enthielt die allgemeine Grundlage (II S. 3—4).

Ὑποθέσεις τῶν πλανωμένων, kurze Übersicht der Planetenbewegungen; das zweite Buch ist nur arabisch erhalten.

Προχείρων κανόνων διάταξις καὶ ψηφοφορία, Einleitung und Gebrauchsanweisung zu einer Sammlung astronomischer Handtafeln, die nicht mit erhalten ist, aber leicht wiederhergestellt werden kann (II S. CXC ff.).

Περὶ ἀναλήμματος, Darstellung der stereographischen Projektion, nach älteren Quellen, vielleicht Hipparchos[1] oder Apollonios.[2] Zu einem *ἀνάλημμα* eines wenig bekannten alexandrinischen Mathematikers Diodoros[3] hatte Pappos einen Kommentar geschrieben (Pappos IV 40). Die Abhandlung des Ptolemaios ist vollständig nur in der lateinischen Übersetzung Wilhelms von Moerbek erhalten (in cod. Ottobon. lat. 1850, dem Originalexemplar des Übersetzers); einige Fragmente des griechischen Textes aus dem Palimpsest cod. Ambros. Gr. L 99 sup. (= 491) sind mit der Übersetzung zusammengestellt Ptolemaei Opp. II S. 194 ff.

Planisphaerium, Darstellung der orthographischen Projektion (vgl. Ptolemaios, Geogr. I 24), 2 Teile (Ptolemaei Opp. II S. 249, 19), ums J. 1000 arabisch übersetzt, dann im 12. Jahrh. lateinisch von Hermannus Secundus (Ptolemaei Opp. II S. CLXXX ff.); eine andere lateinische Übersetzung ist bisher nur in einigen Randnoten zu der des Hermannus nachgewiesen (ebd. II S. CLXXXVII ff.).

Die Hauptergebnisse seines Weltsystems (auch die Harmonie der Sphären) hat Ptolemaios in Zahlen ausgedrückt in einer dem *Θεὸς σωτῆρ* geweihten Inschrift verewigt, die er im J. 147 in Kanobos aufgestellt hatte, wo er seine Beobachtungen machte (Olympiodoros in Phaed. S. 59 ed. Norvin).[4]

Etwa im 3. Jahrh. wurde, ohne Zweifel in Alexandria unter dem Titel *Ὁ μικρὸς ἀστρονομούμενος* (*sc. τόπος*)[5] eine Reihe kleinerer Schriften zusammengestellt, die man als Vorbereitung zur Syntaxis des Ptolemaios las; diese wurde dann *ἡ μεγάλη σύνταξις* genannt (so z. B. in der Überschrift einer Einleitung dazu in cod. Laurent. 28, 1, s. Ptolemaei Opp. II S. XVIII); der Titel *ἡ μεγίστη*, die der arabische Name Almagest voraussetzt, ist griechisch nicht nachweisbar. Pappos (Buch VI) gibt Bemerkungen zu folgenden zum *Μικρὸς ἀστρονομούμενος* gehörenden Schriften: Theodosii *Σφαιρικά*, Autolykos *Περὶ κινουμένης σφαίρας*, Theodosios *Περὶ ἡμερῶν καὶ νυκτῶν*,[6] Aristarchos, Euklids Optik und *Φαινόμενα*, und diese Werke nebst den damit zusammengehörenden: Theodosios *Περὶ οἰκήσεων*,[6] Autolykos *Περὶ*

[1] Synesios, Ad Paeon. 6.
[2] Tannery, Astron. anc. S. 52 ff.
[3] Hultsch, Pappos III S. IX ff.
[4] Ptolemaei Opp. II S. 149 ff.
[5] Der Anonymus De figg. isoperimetris bei Hultsch, Pappos III S. 1142, 11, ungenau *ὁ μικρὸς ἀστρονόμος*.
[6] Diese beiden Werke sind bis jetzt nur in lateinischer Uebersetzung herausgegeben (von Auria, Romae 1591), ihre Sätze allein griechisch bei Dasypodius, Sphaericae doctrinae propositiones, Argentorati 1572. Ersteres (2 Bücher) behandelt die täglichen Bewegungen der Sonne in der Ekliptika und die Aequinoctien, letzteres die astronomischen Wirkungen für die ververschiedenen Zonen von der täglichen Bewegung der Erde.

ἐπιτολῶν καὶ δύσεων, Hypsikles *Ἀναφορικός* (und der Pseudo-euklidischen Katoptrik) enthält der cod. Vatic. Gr. 204 (10. Jahrh.).[1]

Pappos hat auch die Syntaxis des Ptolemaios kommentiert. Suidas führt unter seinen Werken auf: *εἰς τὰ τέσσαρα βιβλία τῆς Πτολεμαίου μεγάλης συντάξεως ὑπόμνημα*; aber *τέσσαρα* muß Schreibfehler oder Irrtum sein; denn vom Kommentar zum V. Buch sind größere Stücke mit Theons Kommentar zusammen erhalten,[2] und in Hss. liegt noch mehr vor, sowie auch aus dem Kommentar zum VI. Buch.[3] Pappos selbst (III S. 1106, 13ff.) zitiert seinen Kommentar zum I. Buch als *τὸ εἰς τὸ πρῶτον τῶν Μαθηματικῶν σχόλιον*.[4] Auch Autolykos scheint er kommentiert zu haben (VI 38, 41, 42), und das VI. Buch seiner *Συναγωγή* widmet er, wie gesagt, ganz dem *Μικρὸς ἀστρονομούμενος*.

Seine Erläuterung des Ptolemaios wurde fortgesetzt von Theon (4. Jahrh.), dessen Kommentar zur *Σύνταξις*[5] z. T. nur eine Bearbeitung des von Pappos vorliegenden ist; zum III. Buch scheint er zu fehlen;[6] aber die ganze Überlieferung ist noch gar nicht untersucht. Seinen Kommentar zum *Μικρὸς ἀστρονομούμενος* erwähnt der Anonymus De figg. isoperimetr. (Pappos III S. 1142, 10). Erhalten ist in doppelter Fassung sein *Ὑπόμνημα εἰς τοὺς Πτολεμαίου προχείρους κανόνας*; die kürzere (*πρὸς Ἐπιφάνιον*) hat Halma herausgegeben, Paris 1822, die größere, in 5 Büchern, ist unediert; etwas daraus, u. a. einen Hinweis auf ein *σχόλιον εἰς τὸν πρόχειρον* eines Serapions, hat Usener (Chron. min. S. 360) mitgeteilt. Die *Πρόχειροι κανόνες* (*ὁ ἀστρονομικὸς κανών* Suidas) hatte auch seine Tochter Hypatia kommentiert (vgl. oben S. 44).

8. Im Kreise der Neuplatoniker hatte man wie für Mathematik so auch für Astronomie ein lebhaftes Interesse. Ein Zweig der Überlieferung der Syntaxis des Ptolemaios geht auf ein Exemplar der neuplatonischen Schule in Alexandria zurück; darin hatte Heliodoros Hermias' Sohn eine Observation seines Lehrers Proklos aus dem J. 475, eine, die er selbst im J. 502 mit seinem Bruder Ammonios, und 5, die er allein gemacht hatte (in den Jahren 498, 508, 509), notiert.[7] Von Proklos gibt es ein ganz verständiges astronomisches Kompendium, *Ὑποτύπωσις τῶν ἀστρονομικῶν ὑποθέσεων* (ed. Manitius, Leipzig 1909). Ganz unbedeutend ist das unter seinem Namen erhaltene Büchlein *Σφαῖρα* (ed. Bainbridge, London 1620).

Von dem Aristoteleserklärer Ioannes Philoponos (oben S. 45) ist eine Abhandlung über Einrichtung und Gebrauch des Astrolabs erhalten,[8] und

[1] H. Menge, NJb. 1886, S. 183 ff.

[2] Theon, ed. Basil. 1538, S. 231: *Πάππου Ἀλεξανδρέως ὑπόμνημα εἰς τὸ πέμπτον τῆς συντάξεως*, S. 236 *λείπει τοῦ Πάππου*, S. 245 *τὸ δὲ ἑξῆς τοῦ Πάππου*.

[3] Hultsch, Sächs. Ber. 1900, S. 170 ff. Vgl. Ptolemaei Opp. II S. XXII ff.

[4] Hultsch, Pappos III S. XIII ff. Vgl, Eutokios in Apollonium II S. 218, 11 f.

[5] Ed. Basil. 1538. Mit dem Kommentar zu den *Πρόχειροι κανόνες* von Halma, I—III, Paris 1821—25. Vgl. Usener in Mommsens Chronica minora III S. 359 ff.

[6] Ed. Basil. S. 130: *τοῦ Θέωνος τὸ τρίτον λείπει καὶ οὐδὲ εὑρίσκεται τὸ σύνολον.*

[7] Ptolemaei Opp. II S. XXXV f. Tannery, MSc. II S. 125 f.; er vermutet (eb. S. 452, vgl. Ptolemaei Opp. II S. XXXIV), daß die *Προλεγόμενα*, die sich in diesen Hss. finden, von Heliodoros herrühren. Damaskios (Vita Isidori 79) lobt die Einsicht des Ammonios auch in der Astronomie. Eine Ahhandlung von ihm über Gebrauch des Astrolabs liegt handschriftlich vor (s. Ptolemaei Opp. II S. CXLIII.

[8] Ed. H. Hase, Bonn 1839.

auch sein grimmiger Gegner Simplikios hat Verständnis für astronomische Fragen.[1]

9. An der 425 gegründeten Universität zu Konstantinopel war auch eine Professur für Astronomie, die im 7. Jahrh. Stephanos von Alexandria inne hatte; von ihm gibt es eine *Διασάφησις ἐξ οἰκείων ὑποδειγμάτων τῆς τῶν Προχείρων κανόνων ἐφόδου τοῦ Θέωνος.*[2] Auch an der im 9. Jahrh. neugegründeten Universität muß man Astronomie getrieben haben; aus dieser Zeit stammen unsere ältesten Ptolemaioshandschriften, und die schönste von allen (Vatic. Gr. 1594) hat dem Leiter der Universität Leon gehört.[3] Das oben S. 46 f. erwähnte Kompendium der 4 mathematischen Wissenschaften gehört auch in diesen Kreis; der astronomische Teil enthält die Jahreszahl 1008, wodurch die angebliche Autorschaft des Psellos ausgeschlossen wird. Von ihm gibt es nur einen mageren astronomischen Traktat *Περὶ τῆς κινήσεως τοῦ χρόνου, τῶν κύκλων τοῦ ἡλίου καὶ τῆς σελήνης, τῆς ἐκλείψεως αὐτῶν καὶ τῆς τοῦ Πάσχα εὑρέσεως.*[4] Die Osternberechnung hielt überhaupt etwas Interesse für Astronomie bei der Kirche lebendig ihrem Mißtrauen der heidnischen Wissenschaft gegenüber zum Trotz.

Um 1300 hat Theodoros Metochites, von Manuel Bryennios angeregt, ein weitergehendes Studium auch der Astronomie (vgl. oben S. 47 Anm. 2) angefangen; mit großer Mühe arbeitete er sich durch die Syntaxis des Ptolemaios und beschäftigte sich auch mit den Werken des Theodosios und den Handtafeln Theons.[5] Seine *Στοιχείωσις ἐπὶ τῇ ἀστρονομικῇ ἐπιστήμῃ* ist noch unediert.[6] Von seinem Schüler Nikephoras Gregoras[7] gibt es eine Reihe astronomischer Abhandlungen (unediert),[8] u. a. eine Beschreibung des Astrolabs; seine astronomischen Kenntnisse setzten ihn imstande eine vortreffliche Kalenderreform auszuarbeiten, die er 1325 dem Kaiser vorlegte, aber ohne Erfolg.[9] Als Einleitung zu einem astronomischen Werk seines Lehrers schrieb er eine *Παρακλητικὴ περὶ ἀστρονομίας,* und er verteidigte die Wissenschaft in einem Schreiben *Πρός τινα φίλον περὶ τῶν ὑβριζόντων τὴν ἀστρονομίαν.*

Im 14. Jahrh. hat die persische Astronomie, die ihrerseits auf der älteren griechischen baut, befruchtend zurückgewirkt.[10] So hat im J. 1346 der Arzt Georgios Chrysokokkes eine *Ἐξήγησις εἰς τὴν σύνταξιν τῶν Περσῶν* verfaßt,[11] sein Zeitgenosse der Mönch Isaak Argyros eine *Παράδοσις εἰς τοὺς Περσικοὺς προχείρους κανόνας τῆς ἀστρονομιας* und eine *Πραγματεία*

[1] Seine sachkundigen Notizen sind im Vorhergehenden angeführt.

[2] Usener, De Stephano Alexandrino, Bonn 1880.

[3] Ptolemaei Opp. II S. XXXII.

[4] Krumbacher, Gesch. d. byz. Lit.[2] S. 622. Ein Kommentar zu den Handtafeln des Ptolemaios steht in cod. Paris. 2162 (Omont, Invent. somm. II S. 207).

[5] Sathas, *Μεσαιων. βιβλιοθ.* I S. *ρβ* ff. (sein Bericht über den Gang seiner Studien mit vielen interessanten Einzelheiten). Vgl. Ptolemaei Opp. II S. CXLVI.

[6] Krumbacher a. O. S. 623 (codd. Marciani 329 u. 330; vgl. Morelli, Bibl. ms. S. 210 f.). Ptolemaei Opp. II S. CXLVI.

[7] Seine Studien bei Theodoros Metochites schildert er Hist. Byz. VIII 7. Cod. Marc. Gr. 312 der Syntaxis hat ihm gehört (Ptolem. Opp. II S. XX).

[8] Krumbacher, Gesch. d. byz. Lit.[2] S. 623.

[9] Nikephoros Greg., Hist. Byz. VIII 13.

[10] Usener, Ad historiam astronomiae symbola, Bonn 1876. Die von ihm benutzte Hs. Vatic. Gr. 1059 enthält eine interessante Sammlung der in Byzanz kursierenden astronomischen Schriften. Vgl. cod. Paris. suppl. Gr. 651 Ptolemaei Opp. II S. CXLV.

[11] Auszüge bei Usener a. O. S. 27 ff.

νέων κανονίων συνοδικῶν τε καὶ πανσεληνιακῶν, außerdem eine Beschreibung des Astrolabs[1] und eine Darstellung der Sonnen- und Mondzyklen, die in der Berechnung der Ostern gipfelt.[2]

Bedeutender ist die *Ἀστρονομικὴ τρίβιβλος* des Theodoros Meliteniotes, *διδάσκαλος τῶν διδασκάλων* und Archidiakonos der Sophienkirche; er benutzt außer Ptolemaios und Theon auch persische Quellen in Übersetzung.[3]

Als Ersatz für den verlorenen Kommentar Theons zum III. Buch der Syntaxis hat Nikolaos Kabasilas (gest. 1371) eine ausführliche Erläuterung verfaßt.[4] Auch Barlaam aus Kalabrien hat die Syntaxis studiert; es gibt eine Abhandlung von ihm: *Πῶς δεῖ ἐκ τῆς μαθηματικῆς τοῦ Πτολεμαίου συντάξεως ἀκριβέστερον ἐπιλογίζεσθαι ἡλιακὴν ἔκλειψιν.*[5] Noch zum Anfang des 15. Jahrh. hat man in Byzanz Astonomie getrieben; Demetrios Chrysoloras schrieb eine *Μέθοδος τῶν Λατινικῶν κανόνων*,[6] und der cod. Vatic. 1059 enthält Observationen, wohl des Besitzers, aus den Jahren 1404—1413.[7]

Die Römer interessierten sich für wissenschaftliche Astronomie so wenig wie für Mathematik; höchstens hat einer und der andere Dilettant aus Liebhaberei Beobachtungen angestellt, wie jener C. Gallus, der ganze Nächte darauf verschwendete und sich einen Spaß daraus machte seinen Freunden Sonnen- und Mondfinsternisse vorauszusagen.[8] Als der Kalender durch priesterlichen Schlendrian ganz in Unordnung geraten war, mußte Caesar einen griechischen Sachkundigen, Sosigenes, heranholen. Die enzyklopädischen Sammlungen enthalten auch ein Kapitel über Astronomie, so schon Varros *Disciplinarum libri*, die *Naturalis historia* des Plinius (II 1—101) und Martianus Capella (VIII. Buch); auch Seneca (*Natur. quaest.* I) und Macrobius (In Somnium Scipionis I 14—22) bringen allerlei Astronomisches.[9] Wissenschaftliche Bedeutung hat nichts von alledem. Wegen der Konstruktion einer Sonnenuhr hat Vitruvius (IX 4—9), wegen der Chronologie Censorinus (*De die nat.* 18 ff.) ein bißchen Astronomie nötig. Die paar Seiten bei Cassiodorius über Astronomie sind gänzlich wertlos.

Für die Sternbilder haben die Römer mehr Interesse; das Gedicht des Aratos wurde sowohl von Cicero als von Germanicus[10] und noch im 4. Jahrh. von Rufius Festus Avienus übersetzt[11] und von einem Hyginus benutzt.[12]

[1] Diese 3 Schriften im cod. Vat. 1059, Usener S. 4.

[2] Usener S. 5, herausgegeben Petavius, Uranologion I S. 359 ff.

[3] Die Einleitung herausgegeben von Bullialdus mit Ptolemaios *Περὶ κριτηρίου*, Paris 1663, S. 214 ff. Vgl. Boll, Studien zu Cl. Ptolem. S. 54. Mehrere Auszüge Usener S. 9 ff. Eine andere Abhandlung von ihm Ptolem. Opp. II S. XXII.

[4] Theon ed. Basil. S. 131—194. Vgl. cod. Vatic. Gr. 198, Ptolemaei Opp. II S. XXII.

[5] Ptolemaei Opp. II S. XIX (cod. Laurent. 89 sup. 48).

[6] Usener a. O. S. 6.

[7] Usener S. 3.

[8] Cicero, Cato maior 49. Quintilianus (I 10, 46 ff.) meint, es könne zuweilen für den Redner nützlich sein, von der Astronomie daran erinnert zu werden, *nihil esse inordinatum atque fortuitum*, und führt die bekannten Beispiele an, die den militärischen Nutzen der Kunde von dem Wesen der Finsternisse beweisen; vgl. Plinius, N. h. II 53.

[9] Vgl. Tannery, Astron. anc. S. 323 ff.

[10] Ed. Breysig, Leipzig 1899.

[11] Alle drei Uebersetzungen in Buntes Aratus II (Leizig 1801).

[12] Robert, Eratosthenis Catasterism. rell., Berlin 1878. Dittmann, De Hygino Arati interprete, Leipzig 1900.

10. Das Staunen über die Wunder des Himmels hat nicht nur die wissenschaftliche Astronomie erzeugt, sondern auch den Aberglauben der ASTROLOGIE.[1]

Die Macht der Sonne gehört zu den ältesten Erkenntnissen der Menschheit, und die Beobachtung, daß Auf- und Untergang gewisser auffallender Sterne oft von Änderungen der Witterung begleitet sind, haben die Griechen so gut wie die meisten anderen Völker auch gemacht; deshalb werden ja, wie erwähnt, die Bewegungen gewisser Sterne in den Kalendern mit notiert. Schon die Ilias (XI 62) spricht von einem *οὔλιος ἀστήρ* und nennt (XXII 30 f.) den Sirius ein *κακὸν σῆμα*, weil er *φέρει πολλὸν πυρετὸν δειλοῖσι βροτοῖσιν*, und der Glaube an göttliche Macht der Himmelskörper war durch das ganze Altertum sehr verbreitet,[2] wenn auch hauptsächlich auf Sonne und Mond beschränkt. Aber das ist noch nicht Astrologie in eigentlichem Sinne, höchstens ein Nährboden dafür.[3]

Die in System gesetzte Pseudowissenschaft ist in Griechenland eine fremde Pflanze, ob ursprünglich chaldäischer oder ägyptischer Herkunft, ist strittig, später jedenfalls von beiden Seiten genährt. Die Spur, die man in den *χρησμοῖσι σαφέσιν ἀστέρων ἐπ' ἀντολαῖς* der Melanippe des Euripides (Fragm. Tragg. ² 482) hat finden wollen, ist zu unbestimmt. Aber Theophrastos (Proklos in Tim. III S. 151 Kroll) spricht von der zu seiner Zeit sehr bewunderten Weisheit der Chaldäer, die *ἀπὸ τῶν οὐρανίων* nicht nur das Wetter, sondern *πάντα τὰ ἴδια καὶ τὰ κοινά*, Leben und Tod der einzelnen voraussagen, und etwas später erregte der Belpriester Berosos durch astrologische Aufklärung in Griechenland Aufsehen;[4] in Verbindung mit ihm werden Epigenes und Kritodemos als Verbreiter chaldäischer Lehre genannt.[5] Seit dem 3. Jahrh. v. Chr. streiten sich die Philosophen über den Wert der Astrologie. Eudoxos wies sie ganz ab, ebenso Panaitios,[6] während die Stoiker sonst einstimmig für sie eintraten; sie wurden wirkungsvoll von den Akademikern Karneades und Kleitomachos bekämpft,[7] aber bei dem großen Publikum gewann der lockende Aberglaube immer mehr Terrain, und der einflußreiche Poseidonios erklärte sich dafür. Ungefähr aus seiner Zeit haben wir ein astrologisches Gedicht eines Maximos (*Περὶ καταρχῶν*),[8] und Antiochos I von Kommagene hat im J. 97 ein Relief mit seinem Horoskop aufstellen lassen (Bouché-Leclercq a. O. S. 439). Für das Horoskopstellen (*ἡ γενεθλιαλογική*) kamen fast nur die Planeten und der Tierkreis in Betracht. Dieses Geschäft wurde in der Kaiserzeit be-

[1] *ἀστρολογία* scheint eigentlich Name der Wissenschaft zu sein, und so gebraucht das Wort noch Aristoteles; *ἀστρονομία* muß nach der Etymologie (von *νέμω*) die Verteilung in die Sternbilder bedeuten; doch kennt Platon nur das Wort in der jetzigen Bedeutung. Vgl. Tannery, Astron. anc. S. 1 ff.

[2] E. Pfeiffer, Studien zum antiken Sternglauben, Leipzig 1916.

[3] Pauly-Wissowa, Art. Astrologie (Riess). — Hauptwerk: Bouché-Leclercq, L'astrologie grecque, Paris 1899.

[4] Müller, Fragm. hist. II S. 509 f. Er hatte sie vielleicht in seiner nach 280 griechisch herausgegebenen babylonischen Geschichte vorgetragen.

[5] Plinius, Nat. hist. VII 193. Von Kritodemos werden *ἀποτελέσματα* zitiert.

[6] Cicero, De divin. II 87—88. Geminos 17 bekämpft scharf die populäre Auffassung von der Wirkung der Sterne; die Wissenschaft lehre etwas Anderes.

[7] Schmekel, Die Philosophie d. mittleren Stoa, Berlin 1892, S. 155 ff.

[8] Zuletzt herausgegeben von A. Ludwich, Leipzig 1872 (mit einer prosaischen Paraphrase und anderen astrol. Kleinigkeiten).

sonders eifrig betrieben, für die Regierenden so gut wie für Privatleute,[1] obgleich öfters auch gesetzlich dagegen eingeschritten wurde.[2]

Die Neubearbeitung der unerfreulichen Literatur ist energisch in Angriff genommen, besonders durch Cumont und Boll. Der *Catalogus codicum astrologorum Graecorum* (I—VIII, Bruxelles 1898—1924) bringt außer dem Verzeichnis der existierenden Hss. viele Anekdota und bildet die Grundlage für ein *Corpus astrologorum.*

Aus den ersten Jahrhunderten der Kaiserzeit gibt es mehrere astrologische Schriften.

Plinius (Nat. hist. II 88) kennt schon eine ägyptisierende Astrologie unter den erdichteten Namen Nechepso und Petosiris, auf die auch Juvenal (VI 581) als etwas allgemein Bekanntes anspielt;[3] erwähnt wird Petosiris auch mit anderen, meist obskuren Astrologen bei Laurentios Lydos (De ostent. prooem. 2). Auszüge aus einer astrologischen Schrift eines Babyloniers Teukros und dem von ihm abhängigen, ebenso unbekannten Rhetorios teilt Boll mit (Sphaera S. 5 ff., 31 ff.); er behandelte den Tierkreis. Aus der Blütezeit der römischen Astrologie, unter Tiberius, stammt das astrologische Gedicht des Manilius (*Astronomica*),[4] das aus Poseidonios schöpft.[5] Im 2. Jahrh. spielen die *Chaldaei* eine große Rolle; selbst Marcus Aurelius benutzte sie;[6] dem Pertinax hatte ein Astrolog seine Erhöhung geweissagt,[7] ebenso dem Severus, der wegen Benutzung ihrer Kunst von Commodus angeklagt wurde und als Kaiser selbst Leute bestrafte, weil sie die *Chaldaei de sua salute* befragt hatten.[8] Aus der Zeit stammt sowohl die Kompilation des Vettius Valens (griechisch, noch

[1] Der Gegner des Marius, Cn. Octavius, ließ sich von den „Chaldäern“ und *σιβυλλισταί* bereden, seinen Feind in Rom abzuwarten, und fand dabei seinen Tod; an seiner Leiche wurde ein *διάγραμμα Χαλδαϊκόν* vorgefunden (Plutarchos, Marius 42). Augustus ließ sich mit Agrippa zusammen sein Horoskop stellen von Theogenes *mathematicus* in Apollonia, veröffentlichte es und setzte den Steinbock, unter dessen Herrschaft er geboren war, auf seine Münzen (Suetonius, Aug. 94); auch Nigidius hatte seine künftige Größe bei seiner Geburt vorausgesagt (ib.). Tiberius verkehrte auf Rhodos mit Thrasyllos *mathematicus* (Suetonius, Tib. 14) und behielt ihn auch später bei sich (Suetonius, ib. 62; Calig. 19). Agrippina hatte die *Chaldaei* über Neros Zukunft konsultiert (Tacitus, Ann. XIV 9), Nero selbst einen Balbillus *astrologus* wegen eines Kometen (Suetonius, Nero 36). Otho hörte mit Vertrauen auf die *mathematici „genus hominum potentibus infidum, sperantibus fallax, quod in civitate nostra et vetabitur semper et retinebitur* (Tacitus, Hist. I 22). In Papyri sind mehrere Horoskope erhalten (Haeberlin, Griech. Papyri, Leipzig 1897, S. 118 f.).

[2] Schon der alte Cato (De agri cult. 5, 4) warnt den *vilicus* vor *harioli* und *Chaldaei.* Im J. 139 befahl der *praetor peregrinus* die *Chaldaei* Rom und Italien *intra decimum diem* zu verlassen (Valer. Max. I 3, 3). Cicero (De divin. I 132) spricht mit Verachtung von den *astrologi de circo*, offenbar wandernden Winkelpropheten. Agrippa verwies die *ἀστρολόγοι* aus Rom (Dion Kass. XLIX 43, 5), Vitellius vertrieb sie aus Italien (Tacitus, Hist. II 62). Diokletian erklärt die *ars mathematica* für *damnabilis* und verbietet sie ganz (Cod. Iustin. IX 18, 2, aus dem J. 294), und 357 schreitet Constantius ein gegen alle *divinandi curiositas* der *mathematici, Chaldaei* und *magi, „quos maleficos ob facinorum magnitudinem vulgus appellat“* (Cod. Theodos. IX 16, 4; Cod. Iustin. IX 18, 5).

[3] Boll, Studien über Ptolem. S. 236 ff. Die Fragmente gesammelt von Riess, Phil. Suppl. VI S. 325 ff.

[4] Ed. J. van Wageningen, Leipzig 1915. Mit dem vortrefflichen Kommentar des Jos. Scaliger, Argentorati 1655.

[5] Boll a. O. S. 218 ff.

[6] Iul. Capitol., Marc. Ant. 19, 3; Lamprid., Heliog. 9, 1.

[7] Iul. Capitol., Helv. Pert. 1, 3.

[8] Ael. Spart., Severus 2, 8; 4, 3; 15, 5. Ueber Alexander Severus Ael. Lamprid. 27, 5.

nicht ganz herausgegeben)[1] als das Hauptwerk der griechischen Astrologie, die *Τετράβιβλος* des Ptolemaios,[2] die bei aller Abstrusität manches Interessante enthält. Dem von Iulia Domna verehrten Schwindler Apollonios von Tyana schreibt Philostratos in seiner im Auftrag der Kaiserin verfaßten Biographie (III 41) ein Werk *Περὶ μαντείας ἀστέρων* (in 4 Büchern) zu. Dem 2. Jahrh. scheinen auch die älteren Teile des unter dem Namen des alten ägyptischen Geschichtschreibers[3] Manethon überlieferten astrologischen Gedichts[4] zu gehören. Daß die Astrologie den wiederholten Verboten (Cod. Theodos. IX 16, 8—12) zum Trotz gerade im 4. Jahrh. eifrig betrieben wurde, bezeugt das umfangreiche (8 Bücher)[5] Werk des Sizilianers Firmicus Maternus und die griechischen des Paulos von Alexandria[6] und Hephaistion aus dem ägyptischen Theben.[7] Selbst von einem Christen haben wir einen anonymen astrologischen Dialog Hermippos,[8] obgleich die Kirchenväter durchgehends auch diese schwarze Kunst verdammen. Sie lebte dennoch weiter auch im byzantinischen Reich. Von dem Philosophen Leon (um 900) gibt es eine unedierte astrologische Schrift;[9] im 12. Jahrh. interessierte sich sogar der Kaiser Manuel Komnenos für Astrologie, und Ioannes Kamateros hat ihm ein astrologisches Gedicht gewidmet,[10] ebenso Theodoros Prodromos einer Dame aus der Kaiserfamilie.[11]

11. Die erhaltenen Kalender,[12] wie die *Φάσεις* des Ptolemaios, bringen auch allerlei meteorologische Beobachtungen, über Gewitter, Winde, Regen usw. Bei dem wundergläubigen Laurentios Lydos[13] sind besondere Abhandlungen über die Vorbedeutung von Donner, Blitz und Erdbeben für jeden Monat, oder sogar für jeden Tag, erhalten.[14] Es gab jedoch auch wissenschaftliche Meteorologie.[15] Das Hauptwerk, das die ziemlich zufälligen und willkürlichen Erklärungen und Theorien der früheren Philosophen weit hinter sich läßt, sind die *Μετεωρολογικά* des Aristoteles,[16] die neben manchen verkehrten Theorien auch von mehreren

[1] Einige Proben mitgeteilt von Cumont, Catal. codd. astrol. Gr. II S. 83 ff.; Boll, Sphaera S. 59 ff. Die Hss. geben den Titel *Ἀνθολογίαι*.

[2] Hauptschrift Boll, Studien üb. Claudius Ptolemäus, Leipzig 1894. Neueste Ausgabe von Camerarius, Basel 1553. Eine Paraphrase des Proklos ed. Melanchthon, Basel 1554, zwei Kommentare, wovon einer dem Porphyrios zugeschrieben wird, Basel 1559. Der unter Ptolemaios' Namen erhaltene *Καρπός* ist unecht (Boll a. O. S. 180 f.).

[3] Müller, Hist. fragm. II S. 511 ff.

[4] Bei Suidas erwähnt. Ed. Köchly, Poetae bucol. et didact. (Didot), Paris 1862, mit Maximos und den Fragmenten eines Dorotheos. Neue Fragmente Manethons in einem Papyrus Papiri della Soc. Ital., III, Firenze 1913, Nr. 158.

[5] Basil. 1533; Buch I—IV von Kroll u. Skutsch, Leipzig 1897.

[6] Ed. Schato, Wittenberg 1586.

[7] *Περὶ καταρχῶν*, 3 Bücher; Buch I ed. Engelbrecht, Wien 1887.

[8] Edd. Kroll u. Viereck, Leipzig 1895.

[9] Krumbacher, Gesch. d. byz. Lit.[2] S. 722.

[10] Ed. Weigl, Leipzig 1908; Boll, Sphaera S. 21 ff. Ein zweites Gedicht von ihm Miller, Not. et Extr. XXIII 2. Ueber Manuel Komnenos und seine Angreifer Krumbacher a. O. S. 627.

[11] Krumbacher a. O. S. 753.

[12] Gesammelt in Wachsmuths Ausgabe von Laurentius Lydus De ostentis, Leipzig 1897, S. 177 ff.

[13] Von den Byzantinern viel benutzt, s. Wachsmuth S. XXXIX ff.

[14] S. 54 ff.; ein *ἐφήμερος βροντοσκοπία*, angeblich von Nigidius, S. 62 ff.

[15] O. Gilbert, Die meteorologischen Theorien des griechischen Altertums, Leipzig 1907. W. Capelle, *Μετέωρος — μετεωρολογία*, Phil. LXXI (1912) S. 414 ff., und Hermes XLVII S. 514 ff.: Das Proömium der Meteorologie, XLVIII S. 321 ff.: Zur Gesch. d. meteorol. Literatur, — A. Rehm, Griechische Windrosen, Bayr. Ak. Sbb. 1916.

[16] Hauptausgabe von Ideler (mit den

Erscheinungen richtige oder annähernd richtige Erklärungen vorbringen, z. B. des Regenbogens (s. unten). Seine Forschung auf diesem Gebiete setzte Theophrastos fort, von dem wir ein Bruchstück über Natur und Ursprung der Winde besitzen[1] und eine interessante Abhandlung *Περὶ σημείων ὑδάτων καὶ πνευμάτων καὶ χειμώνων καὶ εὐδιῶν*, z. T. auf eigenen Beobachtungen beruhend.[2]

Die Eigenschaft des Magneteisensteins (*λίθος Ἡράκλειος* oder *Λύδιος*), Eisen anzuziehen, war den Griechen seit dem V. Jahrh. bekannt; sie wußten auch, daß Bernstein (*ἤλεκτρον*), wenn gerieben, leichtere Gegenstände anzieht, aber die Erklärungen mußten phantastisch sein.[3]

Innerhalb der Physik[4] im modernen Sinne des Worts gediehen überhaupt nur Mechanik und Optik, wo die Griechen in ihrer so hochentwickelten Mathematik festen Boden unter den Füßen hatten. Der Nachfolger des Theophrastos, Straton aus Lampsakos, machte zwar einen energischen Versuch, eine Physik auf experimenteller Grundlage aufzubauen,[5] fand aber keine Nachfolge, obgleich wir sonst auf mehreren Gebieten seinen Einfluß verspüren; er wurde von Ptolemaios I. als Lehrer des Thronfolgers nach Alexandria berufen.[6]

Wenn man mit Recht vermutet hat, daß das IV. Buch der aristotelischen *Μετεωρολογικά* eine Jugendarbeit Stratons ist, hat er auch den ersten Ansatz zu einer wissenschaftlichen Chemie geschaffen.[7] Das Buch will eine rationelle Erklärung der Wirkungen von Wärme und Kälte auf die Materie geben ohne alle Teleologie; es zeugt auch von nicht unbedeutender Kenntnis praktischer Chemie (besonders in der Behandlung der Metalle), die auch sonst für die Griechen feststeht;[8] auch die Herstellung des Alkohols scheint ihnen bekannt gewesen zu sein.[9] Auch die Alchymisten sind im Besitz unverächtlicher Kenntnisse der Chemie. Sie haben allem Anschein nach einen Destillationsapparat erfunden und waren dadurch imstande, die chemischen Eigenschaften des Schwefels zu entdecken, u. a., daß Schwefeldämpfe das flüssige Quecksilber in festes Zinnober verwandeln. Entdeckungen dieser Art werden den Glauben an die Möglichkeit, andere Metalle in Gold zu verwandeln, hervorgerufen oder wenigstens gestärkt haben und bildeten die empirische Grundlage für die schwarze Kunst der Alchymisten, die von Anfang an einen aber-

antiken Kommentaren in Auszug und guten Anmerkungen), I—II, Leipzig 1834—36. Meteorologisches auch in der aristotelischen Sammlung der *Προβλήματα* (XXVI).

[1] Fragm. V (Schneider, Theophrasti Opp., Lips. 1818, I S. 757).

[2] Fragm. VI. Kap. 1: *ἃ μὲν αὐτοὶ προσκοπήσαντες, ἃ δὲ παρ' ἑτέρων οὐκ ἀδοκίμων λαβόντες.* Neue Fragmente aus arabischer Quelle Bergsträsser u. Boll, Heidelb. Ak. Sbb. 1918 Nr. 9.

[3] Henri Martin, Observations et théories des Anciens sur les attractions et les répulsions magnétiques et sur les attractions électriques, Rom 1865; v. Urbanitzky, Elektricität u. Magnetismus im Alterthume, Wien 1887 (Kompilation).

[4] Rosenberger, Die Geschichte der Physik, Braunschweig 1882. A. Heller, Geschichte der Physik I, Stuttgart 1882. Gerland, Geschichte der Physik, München 1913. J. G. Schneider, Eclogae physicae I—II, Jena u. Leipzig 1801 (mit guten Anmerkungen).

[5] Diels, Berl. Ak. Sbb. 1893 Nr. 9.

[6] Diog. Laert. V 58.

[7] J. Hammer-Jensen, Hermes L (1915) S. 113 ff. Von Aristoteles ist das Buch jedenfalls nicht. Vgl. Lorscheid, Aristoteles' Einfluß auf die Entwicklung der Chemie, Münster 1872.

[8] E. von Meyer, Geschichte der Chemie, Leipzig 1889, S. 9 ff.

[9] Diels, Berl. Ak. Abh. 1913 Nr. 3.

gläubischen, gnostisch gefärbten Charakter hatte und ihn immer behielt; sie ist kaum älter als das 2.—3. Jahrh.[1] und muß scharf getrennt werden von der handwerksmäßigen Fälschung der Edelmetalle, wofür Rezepte in zwei Papyri vorliegen.[2]

Die erhaltene alchymistische Literatur ist meist ziemlich spät und z. T. mit großen Namen der Vorzeit geschmückt, z. B. Demokritos; ein Hauptwerk rührt von einem Zosimos her (um 300). Eine Sammlung dieser Schriften ist herausgegeben von dem berühmten Chemiker M. Berthelot (mit philologischer Hilfe von Ruelle);[3] die Ausgabe hat nicht alles mitgenommen und genügt überhaupt nicht; als Vorbereitung einer Neubearbeitung werden vorerst die vorhandenen Hss. katalogisiert (Catalogue des manuscrits alchimiques grecs, I—III, Bruxelles 1924).

III. Mechanik

1. Als Begründer der wissenschaftlichen Mechanik bezeichnet Geminos (bei Pappos VIII 3) den Archimedes; man wird aber ohne Zweifel schon vor ihm die Gleichgewichtsbedingung empirisch festgestellt und manches andere mechanische Problem praktisch gelöst haben. Daß solche Fragen in der Schule des Aristoteles behandelt wurden, zeigen die unter seinem Namen erhaltenen *Μηχανικά*,[4] eine bunte Sammlung von Problemen von höchst ungleichem Wert, u. a. den Hebel und die Wage betreffend; die Beweise sind zuweilen in mathematischer Form, z. B. für den Satz vom Parallelogramm der Kräfte (23). Schon Archytas scheint sich mit Mechanik beschäftigt zu haben, aber wenn Plutarchos (Marcell. 14) und Diogenes Laërtios (VIII 83) ihn als den ersten bezeichnen, der Mathematik und Mechanik zueinander in Beziehung gesetzt habe, beruht das, wie der Zusammenhang der Stellen zeigt, nur auf seiner oben S. 5 erwähnten Lösung des delischen Problems und berechtigt nicht, in ihm den Schöpfer der rationellen Statik zu erblicken.[5] Die zwei Schriften *De gravi et levi* und *De ponderibus*, die (fragmentarisch) arabisch und lateinisch unter Euklids Namen vorliegen, sind unecht.[6]

Die Schriften des Archimedes über Mechanik gehören wahrscheinlich seiner Frühzeit (vgl. oben S. 24). Die in unsrer Überlieferung vereinigten 2 Bücher vom Gleichgewicht planer Figuren (Archimedis Opp. II S. 124 ff., S. 164 ff.) gehören nicht zusammen; die Parabelquadratur setzt Buch I voraus und wird im II. Buch vorausgesetzt, und die Titel sind verschieden. Buch I (*Ἐπιπέδων ἰσορροπιῶν ἢ κέντρα βαρῶν ἐπιπέδων*) fängt mit einer

[1] J. Hammer-Jensen, Die älteste Alchymie, DVS., hist.-philol. Schr. IV 2, Kopenhagen 1921.

[2] Pap. Leid. X und Pap. Holmiensis (ed. Lagercrantz, Uppsala 1913). Vgl. J. Hammer-Jensen, ODVS. 1916 S. 279 ff. — Diels, Antike Technik[2], Leipzig 1920, S. 121 ff. — E. v. Lippmann, Entstehung und Ausbreitung der Alchemie, Berlin 1919. Berthelot, Die Chemie im Altertum und Mittelalter (deutsch von E. Kalliwoda), Wien 1909.

[3] Collection des anciens alchimistes grecs, I—III, Paris 1888 (mit Einleitung und Uebersetzung).

[4] Ed. O. Apelt, Leipzig 1888; mit guten Erläuterungen J. P. van Cappelle, Amsterdam 1812. Vgl. Duhem, Les origines de la Statique, Paris 1905, S. 5 ff., der das Buch auf gleiche Linie mit Archimedes stellt; richtig beurteilt es Tannery, MSc. III S. 32 ff.

[5] Ueber seine mechanischen Erfindungen s. unten S. 70[6].

[6] Heiberg, Studien üb. Euklid S. 9 ff., wo die Literatur angegeben ist.

Reihe von Axiomen an, gibt dann (1—3) die Grundsätze über Gleichgewicht und gemeinsamen Schwerpunkt mehrerer Größen (4—5) und den Hauptsatz (6—7), daß bei Gleichgewicht die Entfernungen vom Schwerpunkt umgekehrt proportional sind mit den Gewichten; es folgen (8—15) Bestimmungen des Schwerpunktes eines Parallelogramms, eines Dreiecks und eines Paralleltrapezes. Das Buch scheint nur ein Exzerpt aus einem größeren Werk des Archimedes zu sein; er zitiert es selbst unter dem Titel *Μηχανικά* (Opp. II S. 274, 7 ff.; 280, 15 ff.) oder *Στοιχεῖα τῶν μηχανικῶν* (II S. 350, 21 ff.).[1] Jedenfalls hat es zur Voraussetzung eine Definition des Schwerpunkts, in diesem oder einem eigenen Werk, wovon auch sonst Spuren vorhanden sind.[2] Buch II bestimmt mittels der Exhaustionsmethode den Schwerpunkt eines Parabelsegments und eines *τόμος* eines solchen von zwei parallelen Geraden begrenzt. Wie Archimedes die Statik zur Auffindung neuer mathematischen Sätze über Flächen- und Rauminhalt benutzte, wurde oben erwähnt (S. 24); die *Ἔφοδος* setzt nicht nur Buch I voraus,[3] sondern auch ein Werk über Schwerpunkte von Körpern, wie Zylinder, Prisma, Kegel und Paraboloid, wie es scheint, mit dem Titel *Ἰσορροπίαι*.[4] Den Schwerpunkt eines Paraboloids benutzt Archimedes in dem bewundernswerten Werk *Περὶ ὀχουμένων* (2 Bücher),[5] worin er die Hydrostatik gründet. Buch I gibt zunächst die allgemeinen Hauptsätze über das Verhalten von Körpern, die in eine Flüssigkeit (*ὑγρόν*) eingetaucht werden, je nachdem sie von demselben Gewicht, leichter oder schwerer sind als die Flüssigkeit (I 3—7); I 1—2 besagen, daß die Oberfläche einer ruhenden Flüssigkeit kugelförmig ist um das Zentrum der Erde; I 5 beweist, daß ein leichterer Körper so weit einsinkt, daß das Gewicht der ausgetriebenen Flüssigkeit dem des ganzen Körpers gleich ist. I 8—9 bestimmt die Lage eines Kugelsegments in einer schwereren Flüssigkeit, je nachdem die runde Oberfläche oder die Basis eingetaucht wird. Buch II behandelt erschöpfend die Lagen, die ein schwimmendes Konoid einnimmt je nach seiner Form und der Weise, wie es eingetaucht wird. Ein Werk *Περὶ ζυγῶν* zitiert Pappos (VIII 24, Fragm. 14). Wo Archimedes das Problem formuliert hatte: *τὸ δοθὲν βάρος τῇ δοθείσῃ δυνάμει κινῆσαι*, ist unbekannt; er hatte es pikant ausgedrückt in seinem bekannten Wort: *δός μοι, ποῦ στῶ, καὶ κινῶ τὴν γῆν*, und praktisch betätigt, indem er mittels eines Flaschenzuges (*πολύσπαστον*) ein Riesenschiff, das Hieron hatte bauen lassen, in Bewegung setzte.[6] Sein ebenso bekanntes *εὕρηκα εὕρηκα*[7] wird mit seiner Entdeckung der Fälschung von Hierons Krone in Verbindung gesetzt; sie beweist, daß er den Begriff des spezifischen Gewichts erfaßt

[1] Vielleicht auch *Ἰσορροπικά* Opp. II S. 438, 2. In der arabischen Uebersetzung Herons heißt es „Ueber die Hebel“ o. ä. (Opp. II S. 547). Ein „Buch der Stützen“ kennt nur dieselbe Uebersetzung (Opp II S. 549 Fr. 16).

[2] G. Vailati, Scritti (Firenze 1911) S. 79 ff. Vgl. Pappos VIII 5; Simplikios in Aristot. De caelo S. 543, 24 ff. (Archimedis Opp. II S. 547); Archimedes, Quadrat. parab. 6 (II S. 274, 12 ff. = Fragm. 12).

[3] *Ἔφοδ.* Lemma 2—6 (Opp. II S. 432), vgl. II S. 436, 14; 444, 2.

[4] *Περὶ ὀχουμ.* II 2 (Opp. II S. 350, 13 ff.: Fragm. 13; *Ἔφοδ.* 5).

[5] Früher nur in der lateinischen Uebersetzung Wilhelms von Moerbek erhalten (Buch I am Ende defekt); jetzt liegt der größte Teil des Werks in einem Hierusalemer Palimpsest (Archimedis Opp. III S. LXXXVff.) griechisch vor, Opp. II S. 318 ff.

[6] Pappos VIII 19; vgl. Plutarchos, Marcell. 14.

[7] Plutarchos, Non posse suauiter etc. 11; Vitruvius IX praef. 9—12.

hat; es ist daher nicht unwahrscheinlich, wenn auch erst spät bezeugt,[1] daß er das Aräometer erfunden hat.

Seine Einsicht in der Mechanik hatte Archimedes auch sonst praktisch verwendet, nicht nur zur Verfertigung eines Planetariums, das er in einem besonderen Buch beschrieben hatte (oben S. 52), sondern auch zur Konstruktion kräftiger und auf bestimmte Entfernung einstellbarer Wurfmaschinen für das Schiff Hierons[2] und besonders bei der Belagerung seiner Vaterstadt durch Marcellus.[3] Bei seinem Aufenthalt in Ägypten soll er die Wasserschnecke erfunden haben (oben S. 23 Anm. 9).

Seine Tätigkeit umfaßt somit fast alle die Gebiete, die im Altertum zur Mechanik gerechnet wurden. Nach Pappos (VIII 2) zerfiel sie in die *τέχνη τῶν μαγγαναρίων* (das Heben großer Lasten), *ἡ τῶν ὀργανοποιῶν* (Verfertigung von Wurfmaschinen), *ἡ τῶν μηχανοποιῶν* (Wasserschöpfen aus der Tiefe), *θαυμασιουργοί*, und zwar *διὰ πνευμάτων*, *διὰ νευρίων καὶ σπάρτων*, *διὰ τῶν ἐφ' ὕδατος ὀχουμένων*[4] *ἢ τῶν δι' ὕδατος ὡρολογίων* (vgl. oben S. 57 Anm. 1), und schließlich *σφαιροποιία*. Wie man sieht, gehen sämtliche Teile nur die technische Mechanik an, und in der Tat tritt die Theorie in der Literatur sehr zurück. Der alexandrinische Mechaniker Ktesibios (III. Jahrh.?) scheint zwar auch die Theorie behandelt zu haben; wenigstens nennt Vitruvius I 1, 7 ihn neben Archimedes unter denen, die ohne philosophische Kenntnisse nicht verständlich sind. Von dem großen Werk seines Nachfolgers Philon aus Byzanz[5] enthielt das I. Buch eine allgemeine Einleitung,[6] worin u. a. seine bei Eutokios (in Archim. III S. 60 f.) erhaltene, rein mathematische Lösung des delischen Problems Platz gefunden hatte;[7] auch das II. Buch (*μοχλικά*, über den Hebel) scheint wenigstens etwas Theorie mitenthalten zu haben,[8] wohl nach der Art des V. Buchs (*πνευματικά*), dessen erster Teil Kapitel um Kapitel Theorie und experimentelle Nachweise bringt.[9] Aber sowohl bei ihm als bei Ktesibios überwiegt doch das Praktische (s. unten). Rein theoretisch war dagegen Hipparchos' Buch *Περὶ τῶν διὰ βαρύτητα κάτω φερομένων*, worin er die Spekulationen des Aristoteles über die Schwere bekämpfte.[10] Gegen sie waren auch die 3 Bücher *Μηχανικά* des Ptolemaios gerichtet (Fragm. 1—3 *περὶ ῥοπῶν* und wahrscheinlich auch 4—5 *περὶ τῶν στοιχείων*).

2. Im Vordergrund des Interesses stehen die Kriegsmaschinen, die seit

[1] Carmen de ponderibus 124 ff.

[2] Athenaios V 208 c.

[3] Plutarchos, Marcell. 14—15; Polybios VIII 7—8; Livius XXIV 34 u. a. (Quaestiones Archim. S. 38 f., wo auch über andere Vorrichtungen von ihm).

[4] Wenn Pappos hier Archimedes *Περὶ ὀχουμένων* anführt, beruht das auf Mißverständnis.

[5] Griechisch erhalten ist das IV. Buch und ein Exzerpt, wohl der Bücher VII—VIII, herausgegeben von R. Schöne, Berlin 1893, das Exzerpt, das seit der ersten Ausgabe (von Thévenot, Paris 1693) als V. gezählt wird, auch von de Rochas u. Graux, Rev. de philol. 1879 S. 91 ff.; das Ganze von Diels u. Schramm, Berl. Ak. Abh. 1918 Nr. 16 und 1919 Nr. 12. Die Pneumatik arabisch ed. Carra de Vaux, Not. et extr. XXXVIII, Paris 1902, der erste Teil in einer mittelalterlichen lateinischen Uebersetzung bei V. Rose, Anecdota II S. 297 ff., und Schmidt, Heronis Opp. I S. 458 ff.

[6] IV 14: *ἐν τῷ περὶ τῆς εἰσαγωγῆς βιβλίῳ πρώτῳ δὲ ὑπάρχοντι τῆς μηχανικῆς συντάξεως.*

[7] IV 7 gibt er ein Résumé davon (*ὡς ἐν τῷ πρώτῳ βιβλίῳ δεδηλώκαμεν, καὶ νῦν δὲ οὐκ ὀκνήσομεν ὑπογράψαι.*

[8] IV 20—21: *διά τε τῶν μηχανικῶν ἀποδείξεων καὶ τῶν φυσικῶν λόγων.*

[9] J. Hammer-Jensen, NJb. 1910, S. 414 f.

[10] Simplikios in Aristot. de caelo S. 264, 25 ff.

Alexander[1] eine große Rolle spielen; berühmt ist die *ἑλέπολις*, die Demetrios Poliorketes bei der Belagerung von Rhodos durch den Mechaniker Epimachos aus Athen konstruieren ließ.[2] Ktesibios hatte u. a. eine Wurfmaschine (*ἀερότονος*) konstruiert, die durch komprimierte Luft wirkte,[3] und eine andere, das *χαλκότονον ὄργανον*, das von Philon verbessert wurde,[4] eine Maschine zum Ersteigen der Mauern.[5] Er hatte sich aber auch mit der *θαυματουργία* befaßt; nach Vitruvius (X 12, 4—5) hatte er allerlei Spielzeug konstruiert mit singenden Vögeln und beweglichen Figuren; die Treibkraft war Wasser.[6] Auf ein von ihm im Arsinoetempel aufgestelltes Trinkhorn (*ῥυτόν*) hat Hedylos ein bei Athenaios (XI 497d) erhaltenes Epigramm gedichtet, woraus hervorgeht, daß es die Gestalt des ägyptischen Bes hatte und eine Melodie spielte, wenn der Inhalt ausfloß. Die Wasserorgel (*ὕδραυλις*), die ein Ktesibios konstruiert hatte und die sowohl Plinius (Nat. hist. VII 125: *Ctesibius pneumatica ratione et hydraulicis organis repertis*) als Vitruvius (X 13, 1 ff.) und andere im Altertum und in der Neuzeit unserem Ktesibios zuschreiben, wollten einige antike Forscher einem späteren alexandrinischen Barbier desselben Namens zuteilen,[7] ob mit Recht, können wir nicht entscheiden. Ebenso vielseitig war das genannte große Werk Philons. Das einzige ganz erhaltene Buch IV handelt *περὶ τῶν βελοποικῶν, ὑπὸ δέ τινων ὀργανοποικῶν καλουμένων* (IV 1), d. h. von Wurfmaschinen, die Exzerpte (V) von Vorrichtungen zur Belagerung und Verteidigung einer Stadt (*πολιορκητικά*), ein anderes Buch von Verfertigung von Automaten (von ihm selbst in der Pneumatik Kap. 3 zitiert); außerdem waren Hafenbau und Mittel zu geheimer Korrespondenz behandelt.[8] Seine *Πνευματικά*[9] enthalten Beschreibungen sowohl von Apparaten für wissenschaftliche Experimente (besonders verschiedenen Arten von Hebern) als von Wasserrädern, aber auch von Vexierbechern, künstlichen Waschapparaten und ähnlichen Kunststücken. Auf Kriegsmaschinen

[1] Schon unter Philipp zeichnete der Thessaler Polyeidos sich darin aus; von seinem Schüler Diades, der unter Alexander diente, ist etwas erhalten bei Athenaios *Περὶ μηχ.* S. 10 ff. (Vitruv. X 19, 3).

[2] Plutarchos, Demetr. 20—21; Athenaios, *Περὶ μηχαν.* S. 27; Vitruv. X 22, 4. Bei derselben Gelegenheit werden die rhodischen Ingenieure Diognetos und Kallias erwähnt von Vitruvius (X 22, 3 ff.), der auch (VII praef. 14) außer den schon Genannten eine Reihe von Verfassern *de machinationibus* aufzählt; einige davon werden auch bei dem Mechaniker Athenaios genannt (Charias S. 10, vgl. Vitruv. X 19, 3; Agesistratos S. 7, Pyrrhos S. 5, 31), der seinerseits auch andere Mechaniker kennt, z. B. einen Karthager Geras (S. 9 f., vgl. Vitruv. X 19, 2). Einen auf Rhodos tätigen Mechaniker, Dionysios aus Alexandria, und den von ihm konstruierten *πολυβόλος καταπάλτης* erwähnt Philon IV 51.

[3] Beschrieben von Philon IV 60 ff.

[4] Philon IV 39 ff.; *χαλκέντονον* IV 14.

[5] Athenaios *Περὶ μηχ.* S. 29 ff.; die Maße hatte er nicht angegeben (Poliorc. S. 264).

[6] Vgl. Vitruv. IX 9, 4 ff.; Proklos in Eucl. S. 41. Eine Maschine um Wasser in die Höhe zu treiben beschreibt Vitruv. X 12. 1—3 als Erfindung des Ktesibios. Mechanisches Spielzeug soll schon Archytas verfertigt haben (eine hölzerne Taube, die fliegen konnte, s. Favorinus bei Gellius X 12, 8 ff., eine *πλαταγή* für Kinder s. Aristoteles, Politic. VIII 6, 1). Einen (anderen?) Archytas *Περὶ μηχανῆς* nennt Diogenes Laërt. VIII 82 (vgl. Vitruv. VII praef. 14).

[7] Athenaios V 174. Nach Vitruvius IX 9, 5 ff. war der Vater des Mechanikers Barbier; das kann ein Vermittlungsversuch sein. Vgl. Tannery, MSc. III S. 282 ff. — H. Degering, Die Orgel, Münster 1905.

[8] V 102 beschreibt er verschiedene Methoden und schließt: *πολλοὶ δὲ καὶ ἄλλοι τρόποι εἰσὶ τῶν κρυφαίως ἀποστελλομένων γραμμάτων, ὡς δηλώσομεν ἐν τῷ εἴδει τῷ περὶ ἐπιστολῶν τῶν κρυφαίως ἀποστελλομένων.* Diels, Antike Technik[2] S. 71 ff.

[9] S. oben S. 69 Anm. 9.

beschränken sich Athenaios (*Περὶ μηχανημάτων*, an einen Marcellus, wahrscheinlich den Eroberer von Syrakus, dediziert) und Biton (*Κατασκευαὶ πολεμικῶν ὀργάνων*, um 200, einem König Attalos gewidmet).[1]

Dagegen hat Heron (vgl. oben S. 36 ff.) sich offenbar vorgenommen, das ganze Gebiet der Mechanik nach den alten Originalschriftstellern für den praktischen Gebrauch znsammenzufassen in populärer Darstellung;[2] von der Theorie versteht er wenig.[3] Aber seinen Zweck hat er erreicht; eine stattliche Reihe seiner Schriften sind erhalten als Ersatz für die Originalwerke.

1. *Βελοποικά*, kurze und klare Beschreibung der Wurfmaschinen (*εὐθύτονα* und *παλίντονα*) und ihrer einzelnen Teile nebst den Spannvorrichtungen (*ἐντόνια*) mit Anleitung zu deren Verfertigung, Angabe der Maße und beigegebenen Abbildungen.[4]

2. *Χειροβαλίστρας κατασκενὴ καὶ συμμετρία*, Beschreibung der einzelnen Teile einer Wurfmaschine, nur fragmentarisch erhalten.[5]

3. *Μηχανικά*. Darstellung der fünf mechanischen *δυνάμεις* (Winde, Hebel, Flaschenzug, Keil, Schraube ohne Ende), arabisch erhalten und in Auszug bei Pappos.[6]

4. *Βαρουλκός*, Beschreibung einer Maschine zur Hebung schwerer Lasten, die ihren Ausgangspunkt nimmt in der von Archimedes formulierten Aufgabe: *τὸ δοθὲν βάρος τῇ δοθείσῃ δυνάμει κινῆσαι*, wahrscheinlich nur Sondertitel eines Teiles der *Μηχανικά*.[7]

5. *Διόπτρα*, sachkundige Beschreibung eines sehr feinen und komplizierten Visierinstruments[8] zu mannigfachem Gebrauch für Feldmesser, Astronomen, Ingenieure und andere Techniker, u. a. zur Messung von

[1] Beide bei Wescher, Poliorcétique des Grecs, Paris 1867, wo außer Herons *Βελοποικά* und *Χειροβαλίστρα* andere Reste dieser Literaturgattung beisammen sind (*ἐκ τῶν Ἀπολλοδώρου πολιορκητικά* S. 137 ff., dem Kaiser Hadrian gewidmet); anonyme Auszüge aus den Mechanikern S. 197 ff. und Historikern über Städtebelagerungen S. 283 ff. Hauptths. Paris. suppl. Gr. 607 (10. Jahrh.), von Mynas aus den Athosklöstern geholt. — Diels, Ant. Technik[2] S. 91 ff. Schramm, Griechisch-römische Geschütze, Metz 1910 (Rekonstruktionen). R. Schneider, Griechische Poliorketiker I—III, Gött. Abh. 1908—1912.

[2] Pneumat. I praef.: *τὰ παραδοθέντα ὑπὸ τῶν ἀρχαίων εἰς τάξιν ἀγαγεῖν*. Belop. 2: *ἐπεὶ οὖν οἱ πρὸ ἡμῶν πλείστας μὲν ἀναγραφὰς περὶ βελοποικῶν ἐποιήσαντο μέτρα καὶ διαθέσεις ἀναγραψάμενοι, οὐδὲ εἷς δὲ αὐτῶν οὔτε τὰς κατασκευὰς τῶν ὀργάνων ἐκτίθεται κατὰ τρόπον οὔτε τὰς τούτων χρήσεις, ἀλλ' ὥσπερ γινώσκουσι πᾶσι τὴν ἀναγραφὴν ἐποιήσαντο, καλῶς ἔχειν ὑπολαμβάνομεν ἐξ αὐτῶν τε ἀναλαβεῖν καὶ ἐμφανίσαι περὶ τῶν ὀργάνων τῶν ἐν τῇ βελοποιίᾳ ὡς μηδὲ ἴσως ὑπαρχόντων, ὅπως πᾶσιν εὐπαρακολούθητος γένηται ἡ παράδοσις*. Vgl. ebd. 1 die albernen Bemerkungen über die Bedeutung der *μηχανική* für die Ataraxie; sie sei wirksamer als *ἡ διὰ λόγων περὶ ταύτης διδασκαλία*.

[3] J. Hammer-Jensen, Die Druckwerke Herons von Alexandria, NJb. 1910, S. 413 ff.

[4] Wescher a. O. S. 71—119; Diels u. Schramm, Berl. Ak. Abh. 1918 Nr. 2; vgl. Diels, Ant. Technik[2] S. 91 ff. Zitiert von Eutokios in Archim. III S. 58.

[5] Ed. Vincent, Paris 1866; Wescher a. O. S. 123—134.

[6] Arabisch mit Uebersetzung Carra de Vaux, Paris 1894; Nix u. W. Schmidt, Leipzig 1900 (Heronis Opp. II 1). Pappos VIII 52 ff., dazu Hultsch in den Comment. in hon. Th. Mommseni (Berlin 1877) S. 114 ff. Eutokios in Archim. III S. 58: *Ἥρων ἐν Μηχανικαῖς εἰσαγωγαῖς*, vgl. Pappos III 25 f.

[7] Das unklare Verhältnis zur Mechanik bespricht W. Schmidt, Heronis Opp. II[1] S. XXIII ff. Aus dem *Βαρουλκός* Pappos VIII 19—51. Vgl. *Περὶ διόπτρας* 36 S. 306, Heronis Opp. II[1] S. 257 ff., wo die griechischen Fragmente der Mechanik gesammelt sind.

[8] Ed. Vincent, Not. et Extr. XIX[2] (1858) S. 157 ff.; H. Schöne, Heronis Opp. III (Leipzig 1903) S. 189 ff. Uebersetzt von Venturi, Comment. sopra la storia e le teorie dell' ottica, Bologna 1814, S. 77 ff. Vgl. J. Hammer-Jensen, Hermes XLVIII S. 224 ff.

nicht direkt zugänglichen Entfernungen, Nivellements für Wasserleitungen und Bestimmung von Abständen auf dem Himmel.[1] Angehängt ist die Beschreibung eines automatischen Wegemessers (*ὁδόμετρον*, Taxameter),[2] die astronomische Bestimmung der Distanz zwischen zwei geographischen Orten, an einem größten Kreis gemessen (Beispiel Rom und Alexandria, Kap. 35) und ein (nicht zugehöriges) Exzerpt aus der Mechanik (Kap. 36—37).

6. *Περὶ ὑδρίων ὡροσκοπείων*, 4 Bücher, von Wasseruhren.[3]

7. *Πνευματικά*, 2 Bücher,[4] in Anschluß an das vorhergehende Werk; nach einer allgemeinen Einleitung, worin mit Straton die Existenz eines in den Körpern verteilten Vakuums gegen Aristoteles behauptet wird (S. 4), werden verschiedene Heber beschrieben und zur Anfertigung von allerlei niedlichen Apparaten verwendet, mit beweglichen Figuren, singenden Vögeln usw., Vexierkannen verschiedener Art, Springbrunnen (Heronsball), Zaubertrinkhörnern, einem Weihwasserautomat (I 21, vgl. II 33), einer Feuerspritze (I 28), ewigen Lampen (I 34; II 22—24), Wasserorgel (I 42—43), einem Thermoskop (II 8), einem Schröpfkopf und dem ähnlichen *πνευλικός* (II 17—18), Weinautomaten (II 27, 30—31), einem Badeofen mit pustenden und musizierenden Figuren (II 34—35). Besonders interessant ist die Beschreibung einer Vorrichtung in den ägyptischen Tempeln, Bronzeräder, die von den Eintretenden zu ihrer Reinigung gedreht werden und zugleich sie mit Weihwasser besprengen (I 32). Die Treibkraft ist meist komprimierte Luft, aber auch erwärmte, wie bei dem Tempelchen, dessen Türen sich von selbst öffnen (I 38), oder geradezu Dampf (II 6 der Dampfball, II 11 die sog. Äolipile).[5] Das meiste ist sicher älteren Mechanikern entlehnt, namentlich wohl Ktesibios und Philon, und Heron hat nicht immer die Apparate verstanden, die er aus zweiter Hand beschreibt;[6] aber etwas muß er auch selbst hinzugetan haben.[7] Sein Werk hat in der Renaissance eine große Rolle gespielt und als Anleitung zu ähnlichen Kunststücken gedient, ebenso das folgende Werk.[8] In mehreren Hss. liegt eine gekürzte Umarbeitung vor.[9]

[1] Heron rühmt sich (Kap. 1) *τὰ ἡμαρτημένως καὶ δυσχερῶς ἐκτεθειμένα ἢ καὶ διημαρτημένα* seiner Vorgänger berichtigt zu haben, muß also das Instrument verfeinert haben. Schlecht überliefert und interpoliert (u. a. die Dreiecksformel in Kap. 30).

[2] Kap. 34; Wilamowitz, Griech. Lesebuch I S. 262 ff.); Diels, Ant. Technik² S. 64 ff. Vitruv. X 14, 1—4; auch für Schiffe verwendbar ebd. 5—7.

[3] Pneumat. S. 2, 12 ff. Ein Fragment bei Proklos, Hypotyp. IV 73 ff. (Heronis Opp. I S. 456); vgl. Pappos in Ptolem. Synt. S. 261 f. ed. Basil. (Heronis Opp. I S. 506); Diels, Ant. Technik² S. 204. Pappos VIII 2 zitiert *Ἥρων ὑδρείοις*.

[4] Ed. W. Schmidt, Heronis Opp. I (Leipzig 1899) S. 2—332. A. de Rochas, La science et l'art des thaumaturges dans l'antiquité. Paris 1882.

[5] Diels, Ant. Technik² S. 56 ff.

[6] J. Hammer-Jensen, NJb. 1910 S. 413 ff. (sachkundige Kritik des Werks).

[7] Pneumat. S. 2: *ἀναγκαῖον ὑπάρχειν νομίζομεν καὶ αὐτοὶ τὰ παραδοθέντα ὑπὸ τῶν ἀρχαίων εἰς τάξιν ἀγαγεῖν, καὶ ἃ ἡμεῖς δὲ προσευρήκαμεν προσθέσθαι.*

[8] Heiberg, ODVS. 1886 S. 1—14; W. Schmidt, AbhGMath. VIII (1898) S. 175 ff., 195 ff.

[9] W. Schmidt, Heronis Opp. Suppl. I S. 14 ff. — Proklos in Euclid. S. 41: *ἡ θαυματοποικὴ τὰ μὲν διὰ πνῶν φιλοτεχνοῦσα, ὥσπερ καὶ Κτησίβιος καὶ Ἥρων πραγματεύονται.* Pappos VIII 2: *τοὺς θαυμασιουργούς, ὧν οἱ μὲν διὰ πνευμάτων φιλοτεχνοῦσιν, ὡς Ἥρων πνευματικοῖς, οἱ δὲ διὰ νευρίων καὶ σπάρτων ἐμψύχων κινήσεις δοκοῦσι μιμεῖσθαι, ὡς Ἥρων αὐτομάτοις καὶ ζυγίοις* (?). Vgl. Heron, Pneumat. I S. 2, wo die Gegenstände der Pneumatik bezeichnet werden als *αἱ μὲν ἀναγκαιοτάτας τῷ βίῳ τούτῳ χρείας παρέχουσαι, αἱ δὲ ἐκπληκτικόν τινα θαυμασμὸν ἐπιδεικνύμεναι.* Auch seine Katoptrik (s. unten) gehört eigentlich hierher.

8. *Περὶ αὐτοματοποιητικῆς*,[1] Beschreibung und Anleitung zur Verfertigung eines kleinen Theaters, worauf kleine Szenen automatisch vorgeführt werden können. Es werden zwei Arten beschrieben, die *ὑπάγοντα*, wo der Schauplatz selbst sich hin und zurückbewegt mitsamt den beweglichen Figürchen, und die *στατά* (Kap. 20 ff.) mit feststehendem Schauplatz, dessen Türen sich automatisch zwischen den Akten öffnen und schließen. Für die letztere Form wird Philon als Vorgänger genannt (20, 1, 3), für erstere andere angedeutet und kritisiert (5, 1—2), und in der Tat ist es unzweifelhaft, daß Heron auch hier wesentlich von anderen abhängig ist und höchstens einige praktische Verbesserungen angebracht hat. Die Beschreibung läßt so Wesentliches im unklaren (was kaum durch die schlechte Überlieferung allein erklärt werden kann), daß man nicht ohne Grund das Ganze als mehr papieren denn wirklich verwendbar bezeichnet hat.[2]

9. *Καμαρικά*, vom Gewölbebau,[3] kommentiert von Isidoros aus Milet,[4] einem der Baumeister der Sophienkirche, der offenbar durch das Problem der Riesenkuppel der Kirche zum Studium des Werks veranlaßt wurde.

Außer diesem Kommentar und den Auszügen im VIII. Buch des Pappos liegt nichts vor über spätere Beschäftigung mit Mechanik bei den Griechen. Die Römer hatten sich die griechische Technik der Belagerungsmaschinen angeeignet, wie u. a. die Kämpfe um Massilia im J. 49 zeigen.[5] Mit theoretischer Mechanik haben sie sich nicht befaßt. Vitruvius beschreibt in seiner ungeschickten Weise nach griechischen Quellen sowohl Kriegsmaschinen[6] als Uhren, Wasserräder, die Hydraulis usw.;[7] er fußt zum großen Teil auf denselben Quellen als Heron.

IV. Optik[8]

1. Über das Sehen haben die griechischen Philosophen von jeher Theorien aufgestellt.[9] Am verbreitetsten war durch das ganze Altertum die Ansicht, daß es dadurch zustande komme, daß die Augen Licht ausstrahlten; nur Demokritos und die Epikureer meinten, daß das Eindringen von Bildern der Gegenstände in das Auge die Ursache sei. Platon bildete nach dem Vorgang des Empedokles die Theorie einer *συναύγεια* aus; das innere Licht des Auges vereinige sich mit dem äußeren Tageslicht (Ti-

[1] Ed. W. Schmidt, Heronis Opp. I S. 335 ff.

[2] Olivieri, Riv. fil. XXIX (1901) S. 424 f.; gegen ihn W. Schmidt, Hermes XXXVIII S. 274 ff. Doch fordert Heron die Fachgenossen auf, seine Verbesserungen durch Versuche zu prüfen (Autom. 5, 1; 20, 1).

[3] Probleme dieser Art Metr. II 13—15, Dioptr. 17, Stereom. 28—42, Mensur. 16.

[4] Archimedis Opp. III S. 84, 8 ff.

[5] Caesar, De bello civ. II 8 ff. Vegetius gibt IV 13—30 Bemerkungen über Belagerungsmaschinen und ihre Anwendung, II 25 über die *ferramenta* (die Artillerie), die jede Legion mit sich führt.

[6] X 15—22. Terquem, La science Romaine à l'époque d'Auguste, Paris 1885.

[7] IX 9. X 9—12. X 13. Heronis Opp. I S. 490 ff., II S. 374 ff., und was oben aus ihm angeführt ist.

[8] G. Venturi. Considerazioni sopra varie parti dell'ottica presso gli antichi, Bologna, 1811. E. Wilde, Ueber die Optik der Griechen, Berlin 1832. J. Hirschberg, Geschichte der Augenheilkunde, I (Leipzig 1899) S. 149 ff.

[9] v. Baumhauer, De sententiis veterum philosophorum Graecorum de visu lumine et coloribus, Traiecti ad Rhen. 1843. J. Hirschberg, Zeitschr. f. Augenh. XLIII S. 1 ff. — Vgl. Veckenstedt, Geschichte der griechischen Farbenlehre, Paderborn 1888. W. Schultz, Das Farbenempfindungssystem der Hellenen, Leipzig 1904. H. Magnus, Die geschichtliche Entwickelung des Farbensinnes, Leipzig 1877.

maios 45b ff.; Theophrastos, Fragm. I 5). In seiner Kritik der Ansichten des Empedokles und des Demokritos (an dessen Theorie er etwas Richtiges findet) weist Aristoteles die Erklärung des Sehens *ἐξιόντι τινί* aus dem Auge als *ἄλογον* ab; auch die *συναύγεια* bezeichnet er als unmöglich, wenn auch nicht ganz so ungereimt (*Περὶ αἰσθήσεως* Kap. 2);[1] seine eigene Ansicht deutet er mit diesen Worten an (ebd. 438b 3): *εἴτε φῶς εἴτ' ἀήρ ἐστι τὸ μεταξὺ τοῦ ὁρωμένου καὶ τοῦ ὄμματος, ἡ διὰ τούτου κίνησίς ἐστιν ἡ ποιοῦσα τὸ ὁρᾶν*, und als *τὸ μεταξύ* bezeichnet er *τὸ διαφανές*, in erster Linie die Luft (De anima II 7). Es ist zwar das Beste, was im Altertum über die Frage gesagt worden ist; aber mehr als eine Ahnung von der richtigen Erklärung darf man darin nicht finden wollen.

Die Ansicht des Aristoteles drang nicht durch; sowohl Ärzte, wie Galenos (*Περὶ τῶν Ἱπποκράτους καὶ Πλάτωνος δογμάτων* VII 5), als die meisten Philosophen, wie Chrysippos und Poseidonios (Diels, Doxogr. S. 406, 403), ja selbst Hipparchos (ebd. S. 404), hielten am platonischen Dogma fest, das dann durch den Kommentar des Chalcidius zum Timaios (Kap. 245) dem Mittelalter überliefert wurde. Selbst in die unter dem Namen des Aristoteles überlieferten *Προβλήματα* drang die Ansicht ein: *ἀφῇ ὄψεως ὁρᾶται τὸ ὁρώμενον* (III 10); Straton dagegen folgte der Erklärung des Aristoteles (Doxogr. S. 403).

Für die mathematische Behandlung der Optik ist es gleichgültig, welche der beiden Theorien angenommen wird. Den Standpunkt des Mathematikers spricht Geminos[2] mit voller Klarheit aus: *οὔτε φυσιολογεῖ ἡ ὀπτικὴ οὔτε ζητεῖ, εἴτε ἀπόρροιαί τινες ἐπὶ τὰ πέρατα τῶν σωμάτων φέρονται ἀπὸ τῶν ὄψεων ἀκτίνων ἐκχεομένων, εἴτε ἀπορρέοντα εἴδωλα ἀπὸ τῶν αἰσθητῶν εἴσω τῶν ὄψεων εἰσδύεται κατὰ στάθμην ἐνεχθέντα, εἴτε συνεκτείνεται ἢ συστρέφεται ὁ μεταξὺ ἀὴρ τῷ τῆς ὄψεως αὐγοειδεῖ πνεύματι.*[3] *μόνον δὲ σκοπεῖ, εἰ σώζεται καθ' ἑκάστην ὑπόθεσιν ἡ ἰθυτένεια τῆς φορᾶς ἢ τάσεως καὶ τὸ κατὰ τὴν συναγωγὴν εἰς γωνίαν τὴν σύννευσιν γίνεσθαι, ἐπειδὰν μειζόνων ἢ ἐλαττόνων ὄψεως ᾖ θεωρία.*

Die geometrische Optik, *ταῖς ὄψεσι γραμμαῖς χρωμένη καὶ ταῖς ἐκ τούτων συνισταμέναις γωνίαις*,[4] wird eingeteilt[5] in die eigentlich so genannte Optik, die das direkte Sehen (auch die Gesichtstäuschungen) behandelt, die Katoptrik, worin die Zurückwerfung und Brechung (*ἀνάκλασις*) des Lichts an Spiegelflächen und in der Luft erörtert wird, darunter auch der Regenbogen und die Brennspiegel, und die *σκηνογραφική*, die lehrt, wie die durch Entfernung und Länge entstehenden Gesichtstäuschungen an Gebäuden u. dgl. in der Malerei aufgehoben werden können.

[1] Die ganze Stelle erläutert ausführlich mit eigenen Zusätzen Alexandros in seinem Kommentar S. 27 ff. (ed. Wendland, Berlin 1901).

[2] In den Exzerpten, die den Heronischen *ὅροι* angehängt sind, 135, 11 (Heronis Opp. IV S. 102); über ihre Quelle s. Th. Martin, Recherches sur la vie et les ouvrages d'Héron S. 113; Tannery, La géométrie grecque S. 43 ff. Vgl. ebd. 10: *ὑποτίθεται ἡ ὀπτικὴ τὰς ἀπὸ τοῦ ὄμματος ὄψεις κατ' εὐθείας γραμμὰς φέρεσθαι, καὶ τοῦ ὄμματος περιφερομένου συμπεριφέρεσθαι καὶ τὰς ὄψεις, καὶ ἅμα τῷ ὄμματι διανοιγομένῳ πρὸς τὸ ὁρώμενον γίνεσθαι τὰς ὄψεις . . . φέρεσθαι γὰρ πᾶν φῶς κατ' εὐθείας γραμμάς.*

[3] Die platonische, stoisch formulierte Ansicht.

[4] Proklos in Euclid. S. 40, 10—11.

[5] Geminos a.O. 12—13; Proklos a.O. S. 40, 12 ff. Tannery, La géométrie grecque S. 58 ff.

2. Das älteste erhaltene Werk über mathematische Optik sind die *Ὀπτικά* des Eukleides; von Vorgängern verlautet nichts. Das Buch ist in doppelter Redaktion vorhanden, einer ursprünglicheren, wenn auch nicht unversehrt erhaltenen (nur in 2 selbständigen Hss.), und einer überarbeiteten, wahrscheinlich von Theon redigierten (allein maßgebend cod. Vatic. 204), mit einer Einleitung versehen, die vermutlich eine Vorlesung Theons wiedergibt.[1]

Von den soeben angeführten Voraussetzungen aus (Deff. 1—2) gibt Euklid die Hauptsätze des Zweigs der Optik, der jetzt Linearperspektive genannt wird. Def. 3 lautet: *ὁρᾶσθαι μὲν ταῦτα, πρὸς ἃ ἂν αἱ ὄψεις προσπίπτωσι, μὴ ὁρᾶσθαι δέ, πρὸς ἃ ἂν μὴ προσπίπτωσιν αἱ ὄψεις.* Es wird nämlich vorausgesetzt, daß zwischen den vom Auge ausgehenden „Sehestrahlen“ (*ὄψεις*) Zwischenräume sind; darauf beruht Prop. 1: *οὐδὲν τῶν ὁρωμένων ἅμα ὅλον ὁρᾶται*, und Prop. 3: *ἕκαστον τῶν ὁρωμένων ἔχει τι μῆκος ἀποστήματος, οὗ γενόμενον οὐκέτι ὁρᾶται.* Die Beweise sind rein mathematisch und nicht immer unangreifbar. Die auffallenden Behauptungen: *τὰ ὀρθογώνια μεγέθη ἐξ ἀποστήματος ὁρώμενα περιφερῆ φαίνεται* (Prop. 9), und: *ἐὰν ἐν τῷ αὐτῷ ἐπιπέδῳ, ἐν ᾧ τὸ ὄμμα, κύκλου περιφέρεια τεθῇ, ἡ τοῦ κύκλου περιφέρεια εὐθεῖα γραμμὴ φαίνεται* (22) finden sich auch in den aristotelischen Problemen (15, 6—7), und das *ὁ αὐτὸς πύργος πόρρωθεν μὲν φαίνεται στρογγύλος, ἔγγυθεν δὲ τετράγωνος* ist ein stehendes Beispiel der Sinnestäuschungen.[2] Prop. 18—19 geben Methoden zur Höhenmessung[3] an mit Benutzung des Schattens oder eines Spiegels, Prop. 20 zur Messung von Tiefen, 21 von Längen. Das Buch gehörte zum *Μικρὸς ἀστρονομούμενος*; daher gibt Pappos (VI 80—103) Erläuterungen und Zusätze dazu.[4] Derselbe macht (in Ptolemaei Synt. V S. 265 ed. Basil.) zu Prop. 23: *σφαίρας ὁπωσδηποτοῦν ὁρωμένης ὑπὸ ἑνὸς ὄμματος ἔλασσον ἀεὶ ἡμισφαιρίου φαίνεται*, die er auf Sonne und Mond anwendet, die Bemerkung, daß der Unterschied sehr klein ist, und führt einen mathematischen Beweis dafür.

Die der theonischen Redaktion vorausgeschickte Einleitung gibt sich als Niederschrift von Bemerkungen eines ungenannten Lehrers zur Optik.[5] Zuerst wird Def. 1 (die Bewegung des Lichts *καθ' εὐθείας γραμμάς* mit Zwischenräumen) durch Beobachtungen und Experiment erhärtet und die Ansicht bekämpft, daß „Bilder“ von den Gegenständen in das Auge ein-

[1] Beide Euclidis Opp. VII (Leipzig 1895), wo auch eine mittelalterliche lateinische Uebersetzung, wohl in Süditalien im 11.—13. Jahrh. entstanden (VII S. XXXII ff.); es gibt auch eine arabische Uebersetzung. Vgl. Studien üb. Euklid S. 91 ff. und über die Mängel der Ueberlieferung ebd. S. 133 ff. Es gab auch eine zweite lateinische Uebersetzung (VII S. XXXIV ff.); Roger Bacon kannte beide (ebd. S. XL). Beide geben die vortheonische Redaktion wieder.

[2] Sextus Empir., Hypotyp. I 32, 118; II 55; Adv. log. I 414 und Epikur ebd. I 208. Mehr bei R. Schöne zu Damianos (s. unten) S. 23.

[3] Darüber hatte Biton in seinen *Ὀπτικά* geschrieben (Wescher, Poliorcét. S. 52 f.). Ein ganz ähnliches Verfahren (mittels des *γνώμων*) wird zur Bestimmung des Schattens benutzt in den aristotelischen Problemen XV 5, 9, 10. XV 8 ist mit der zweiten Hälfte von Prop. 23 (*τὸ ὁρώμενον τῆς σφαίρας μέρος κύκλου περιφέρεια φαίνεται*) verwandt. Auch Galenos, *Περὶ χρείας μορ.* X 12 verfährt bei zwei optischen Fragen ganz in der Weise Euklids.

[4] Die in den Hss. beigeschriebenen Scholien zu beiden Redaktionen Euclidis Opp. VII S. 125 ff. und S. 251 ff.

[5] Studien über Euklid S. 138 ff. Sie scheint von Nemesios, *Περὶ φύσεως ἀνθρώπου* 7, berücksichtigt.

dringen;[1] dann verteidigt der Vortragende die offenbar bezweifelte Prop. 22 (s. oben).

Von ganz anderer Art ist die Optik des Ptolemaios, das bedeutendste Werk des Altertums über den Gegenstand und nach Euklid so fremdartig, daß man auf viele spurlos verschwundene Vorgänger schließen muß. Daß er eine Optik geschrieben hat, ist von Damianos (Kap. 3) und Simplikios (in Aristot. de caelo S. 20, 11; vgl. Ptolemaei Opp. II S. 264, Fragm. 4) bezeugt; erhalten ist nur die lateinische Übersetzung des Eugenius, Admiral von Sizilien unter den Normannen,[2] nach zwei arabischen Hss., worin Buch I schon verloren war;[3] es enthielt nach dem zum Anfang des II. gegebenen Résumé eine Auseinandersetzung über das Verhältnis zwischen Licht und Sehen. Buch II behandelt die Objekte des Sehens: *corpus, magnitudinem, colorem, figuram, situm, motum et quietem* (S. 8), die Unterschiede des Sehens mit einem oder mit beiden Augen und ausführlich die Gesichtstäuschungen. Die Grundanschauung ist dieselbe wie bei Euklid: die Sehestrahlen gehen vom Auge aus und bilden einen rechtwinkligen Kegel;[4] aber die Ansicht von den Zwischenräumen der Sehestrahlen wird bekämpft: *natura visibilis radii* (ὄψις) *continua est necessario et non disgregata* (S. 24). Es folgt (S. 37 ff.) eine ausführliche Behandlung der Sinnestäuschungen in bezug auf die genannten Objekte. Buch III—IV (S. 60 ff., 97 ff.) handeln von ebenen, konkaven, konvexen und kombinierten Spiegeln und der Reflexion des Lichts. Buch V (am Ende defekt) behandelt die Refraktion, ausgehend von dem Experiment (S. 143) mit einer Münze auf dem Boden eines Gefäßes, die erst sichtbar wird, wenn Wasser hineingegossen wird (s. unten). Das Merkwürdigste sind die experimentellen Messungen der Brechungswinkel beim Übergang des Lichtstrahls aus Luft in Wasser (S. 146), aus Luft in Glas (S. 148) und aus Glas in Wasser (S. 150), bei Einfallswinkeln von 10^0—80^0; die Ergebnisse nähern sich in anerkennungswertem Grade dem Richtigen; Verschiedenheit des Wassers gibt keinen merkbaren Unterschied (S. 146): auch beim Übergang aus Äther in Luft muß eine Refraktion stattfinden (S. 151), aber den Refraktionswinkel zu bestimmen ist unmöglich, weil die Entfernung der Grenze der Luft unbekannt ist (S. 153).

Auch das kleine Kompendium der Optik, das unter dem Namen eines gänzlich unbekannten Damianos *ὁ Ἡλιοδώρου* aus Larissa erhalten ist,[5] berücksichtigt mit sowohl Reflexion als Refraktion (Kap. 12—14, das Grundexperiment mit dem erst nach Aufgießen von Wasser sichtbaren

[1] Als Argument wird der Bau des Auges angeführt im Gegensatz zu den hohlen Organen für Gehör, Geschmack und Geruch (VII S. 150).

[2] Ueber diese Uebersetzertätigkeit in Süditalien im 11.—12. Jahrh., die wesentlich griechischer Wissenschaft gilt, s. O. Hartwig, Centralbl. f. Bibliotheksw. 1886, S. 161 ff.

[3] Herausgegeben (in unpraktischer Form) von G. Govi, Torino 1885. Inhaltsübersicht bei Hirschberg, Gesch. d. Augenheilk. I S. 157 ff.

[4] Damianos Kap. 3: *ὅτι ... ἐπ' εὐθείας τε φέρεται καὶ ἐν σχήματι κώνου ὀρθογωνίου, καὶ ὁ Πτολεμαῖος δι' ὀργάνων ἀπέδειξεν ἐν τῇ αὐτοῦ ὀπτικῇ πραγματείᾳ* (im verlorenen I. Buch).

[5] Einzige kritische Ausgabe von R. Schöne, Berlin 1897. Die erweiterte Gestalt, worin sie von E. Bartholin (Paris 1657) herausgegeben ist, ist eine Fälschung des Schreibers Angelos Vergetios, der den von Georgios Pachymeres aus der echten Optik Euklids gemachten Auszug eigenmächtig damit vereinigt hat (Tannery, MSc. II S. 319 ff.).

Gegenstand Kap. 12);[1] Def. 12 lautet: *τὰ ὁρώμενα ἤτοι κατ' ἰθυφάνειαν ὁρᾶται ἢ κατὰ ἀνάκλασιν* (Reflexion) *ἢ κατὰ διάκλασιν τῆς ὄψεως τῆς ἡμετέρας*. Was hier *διάκλασις*[2] heißt, wird sonst *κατάκλασις* (Refraktion) genannt (vgl. die aristotelischen Problemata 11, 23). Sonst steht das Büchlein auf dem Boden der euklidischen Optik, die benutzt und zitiert wird (Kapp. 5, 8); wichtig ist die Bemerkung (Kap. 11), daß der Scheitelpunkt des Sehestrahlenkegels innerhalb der Oberfläche der Pupille liegt.[3]

3. Ptolemaios und Damianos fassen also Optik und Katoptrik zusammen. Das älteste Beispiel der Behandlung eines Problems aus der Katoptrik ist die von Aristoteles versuchte Erklärung des Regenbogens (Meteorol. III 4—5); sie ist rein mathematisch gehalten und zeigt Beherrschung der Elementargeometrie und der Gesetze der Reflexion, wie auch seine Erklärung der *corona* (*ἅλως*) der Sonne und des Mondes (ebd. III 3),[4] läßt aber im einzelnen zu wünschen übrig (vielleicht z. T. wegen Textverderbnis) trotz des richtigen Erklärungsprinzips.

Die Refraktion hat man schon im 5. Jahrh. v. Chr. empirisch zu Brenngläsern zu benutzen verstanden;[5] aber eine wissenschaftliche Katoptrik haben soweit bekannt erst Eukleides (s. unten) und Archimedes geschaffen (Opp. II S. 549 ff., Fragm. 17—21); er hatte darin alle Formen von Spiegeln behandelt sowie auch Höhenmessungen mittels des Schattens; das Experiment mit dem Ring in einem Gefäß, der durch Aufgießen von Wasser sichtbar wird, war darin dargestellt (Olympiodoros a. O. S. 211, 18 ff.). Wahrscheinlich kam darin auch ein Satz über (parabolische?) Brennspiegel vor, und daran kann sich die späte Fabel von seiner Anzündung der römischen Schiffe bei der Belagerung seiner Vaterstadt angesetzt haben.[6]

Die Brennspiegel stehen in der Folgezeit im Vordergrund des Interesses der Mathematiker; Apollonios von Perge hatte die gewöhnliche Ansicht widerlegt, daß das Zentrum der Brennpunkt sphärischer Spiegel sei, und den wirklichen Brennpunkt bestimmt.[7] Von Diokles *Περὶ πυρίων* sind Fragmente erhalten;[8] sie lehren aber nichts über seine optischen Theorien, sondern zeigen nur, daß dabei höhere Mathematik zur Verwendung kam. Auch die unter dem Namen des Eukleides erhaltene Katoptrik[9] schließt mit einem Satz über sphärische Brennspiegel (Prop. 30); sie kann aber in der vorliegenden Gestalt nicht von ihm herrühren; es ist ein unzusammenhängendes Konglomerat verschiedener Bestandteile.[10] Manches kann aber

[1] Auch bei Kleomedes II 6, 124 f. und Seneca, Nat. quaest. I 6, 5, d. h. Poseidonios. Es rührt von Archimedes her, s. unten.

[2] So auch Olympiodoros, in Aristot. Meteorol. S. 211, 30.

[3] Kap. 2 wird die auch sonst (Suetonius, Tib. 68; Dion Kass. LVII 2, 4) erwähnte Eigentümlichkeit des Tiberius berührt, daß er wie die Nachttiere im Dunkeln am besten sah.

[4] Gut erläutert von Olympiodoros S. 209 ff. (ed. Stüve, Berlin 1902); Alexandros Aphrod., in Meteorol. S. 141 ff. (ed. Hayduck, Berlin 1899). Vgl. Ideler, Aristot. Meteorol. II (Leipzig 1836) S. 275 ff. F. Poske, ZMPh. (hist.-lit. Abt.) XXVIII (1883) S. 134 ff.

[5] Aristophanes, Nub. 766 ff. Theophrastos (Fragm. III 73) kennt auch Brennspiegel von Metall.

[6] Heiberg, Quaestiones Archim., Kopenh. 1879, S. 39 ff. Erst Lukianos und Galenos reden davon, und von den Historikern scheint erst Dion Kassios (XV Fragm. 57 aus Zonaras) es erwähnt zu haben.

[7] Apollonii Opp. II S. 139 (Fragm. 62).

[8] Eutokios in Archim. III S. 66 ff., 160 ff., vgl. S. 130, 22. S. oben S. 35.

[9] Euclidis Opp. VII S. 286 ff.

[10] Studien über Euklid S. 148 ff. Pappos kennt sie nicht; sie wird überhaupt nie zitiert, ja für Sachen, die darin stehen,

aus alten Quellen übernommen sein; so kommt unter den Voraussetzungen (S. 286, 17 ff.) das oben erwähnte Grundexperiment vor, wovon nachher kein Gebrauch gemacht wird, und manche Sätze sind an und für sich ganz hübsch; aber die Zusammenstellung ist planlos. Behandelt werden alle Arten von Spiegeln, auch kombinierte. Eine Katoptrik des Eukleides nennt erst Proklos (in Eucl. S. 69),[1] und das Zitat für den Hauptsatz, daß die Reflexionswinkel gleich sind, *ὡς ἐν τοῖς κατοπτρικοῖς λέγεται* (Opt. 19 S. 30, 3; in der theonischen Redaktion S. 176, 18: *τοῦτο γὰρ δείκνυται ἐν τοῖς κατοπτρικοῖς*), beweist nicht entschieden, daß Euklid selbst eine Katoptrik geschrieben hat; es ist daher möglich, daß die vorliegende Schrift erst von Theon zusammengestellt ist zur Ergänzung des *Μικρὸς ἀστρονομούμενος*, wie er im cod. Vatic. 204 vorliegt (vgl. Euclidis Opp. VII S. XXXI).

So würde es sich einfach erklären, daß die pseudo-euklidische Katoptrik Spuren zeigt von Benutzung der unter Ptolemaios' Namen überlieferten Katoptrik, die mit großer Wahrscheinlichkeit dem Heron zugeschrieben wird.[2] Sie ist nur in der lateinischen Übersetzung (nach dem Griechischen) Wilhelms von Moerbek (13. Jahrh.) erhalten.[3] Nach einer Einleitung über die Harmonie der Sphären (ziemlich zwecklos) und über den theoretischen und namentlich praktischen Nutzen der Katoptrik (Kap. 1) wird erörtert, daß die Sehestrahlen Geraden sind (2), und daß sie von allen Arten von Spiegeln unter gleichen Winkeln reflektiert werden (3—5); dann folgen Sätze über ebene, konvexe und konkave Spiegel (6—10) und Anweisungen zur Konstruktion von allerlei künstlichen Spiegeln (11—18), wie zylindrischen Hohlspiegeln (11), polygonalen Spiegeln (14, 17), einem Straßenspiegel (16) und verschiedenen Vexierspiegeln (12, 13, 18).

Daß das Büchlein nicht von Ptolemaios ist, zeigt ein Vergleich mit seiner Optik; daß Heron der Verfasser ist, hat nach Venturis Vorgang Th. Martin[4] höchst wahrscheinlich gemacht. Eine Katoptrik Herons führen Damianos (Kap. 14) und Olympiodoros (in Aristot. Meteorol. III 2 S. 212 f. ed. Stüve) an, und beide Zitate passen auf unsre Schrift (Prop. 4).

Über Brennspiegel ist noch ein Bruchstück aus dem Werke des S. 46 genannten Anthemios *Περὶ παραδόξων μηχανημάτων* erhalten;[5] es handelt von ebenen polygonalen Spiegeln. Demselben Werke gehören vermutlich die Fragmente, die in einem Palimpsest aus Bobbio enthalten sind (cod. Ambros. 491);[6] die einzige nicht reskribierte Seite (Wattenbach, Scripturae

werden andere Verfasser angeführt. Die sprachlichen Bedenken Opp. VII S. XLIX. Im Mittelalter gab es 2 Uebersetzungen nach dem Griechischen, ebd. S. L ff. Eine kleine Sammlung später Scholien ebd. S. 347. Bei den Arabern ist sie nicht erwähnt.

[1] Ueber Theodoros Metochita s. Euclidis Opp. VII S. L.

[2] Prop. 4 = Heron 7; 5 = Heron 10; 24 = Heron 9.

[3] Ed. V. Rose, Anecd. II (Berlin 1870) S. 315 ff., nach einem cod. Amplonianus, dann W. Schmidt, Heronis Opp. II S. 316 ff. nach cod. Ottobon. 1850, selbst nach den Berichtigungen der schlechten Kollation eines anderen (ebd. S. 409 ff.) ungenügend, weil der Herausgeber nicht beachtet hat, daß der cod. Ottobon. Originalexemplar des Uebersetzers ist (s. DLZ. 1901 Sp. 464 ff.), obgleich er es weiß (Heronis Opp. II S. 307).

[4] Recherches sur la vie et les ouvrages d'Héron d'Alexandrie, Paris 1854, S. 52 ff.; Heronis Opp. II S. 303 ff. Das Zitat bei Olympiodoros ebd. S. 368 ff.

[5] Westermann, *Παραδοξογραφοι*, Braunschweig 1839, S. 149—158.

[6] Belger, Herm. XVI S. 261 ff., Cantor u. Wachsmuth ebd. S. 637 ff., Heiberg, ZMPh. XXVIII S. 121 ff. Diesem Fragment verdanken wir die Nachricht von der Entdeckung des Apollonios (oben S. 77).

Graecae specimina², Berlin 1883, tab. VIII) bezieht sich auf die Gleichgewichtsbedingung und den Schwerpunkt, das übrige handelt von parabolischen und sphärischen Hohlspiegeln und bildet die natürliche Fortsetzung des alten Fragments; die Bestimmung des Brennpunkts eines parabolischen Spiegels scheint eigene Leistung des Verfassers. Im alten Stück meint er die Spiegelkonstruktion, wodurch Archimedes die römischen Schiffe verbrannt hat, wiederhergestellt zu haben, indem er die Unmöglichkeit der gewöhnlichen Annahme, es sei durch einen einzelnen Hohlspiegel geschehen, klar erkannt hat (Kap. 2).

Vitruvius hat das seit Platon (Resp. X 602 c) populäre Beispiel der Refraktion, das im Wasser gebrochen erscheinende Ruder (VI 2, 2), wie Sextos Empirikos mehrmals (Hypotyp. I 119; Adv. logic. I 244, 414); außerdem erwähnt er die Reflexion von polierten silbernen Spiegeln (VII 3, 9). Notizen über Brenngläser aus griechischen und römischen Schriftstellern hat Th. Martin zusammengestellt Bull. Boncompagni 1868.

Über den dritten Teil der Optik, die *σκηνογραφία*, liegt recht wenig in der Literatur vor; sie war offenbar wesentlich Sache der Praxis. Nach Geminos (Heronis Opp. IV S. 106) und Proklos (in Eucl. S. 40, 19 ff.) beantwortet sie die Frage: *πῶς προσήκει γράφειν τὰς εἰκόνας τῶν οἰκοδομημάτων* so, daß sie natürlich erscheinen, lehrt also die perspektivische Darstellung. Diese soll nach Vitruvius (VII praef. 11) Agatharchos, Zeitgenosse des Aischylos, zuerst in einer Schrift dargelegt haben. Die Wichtigkeit der Perspektive für den Architekten hebt Vitruvius VI 2 hervor, und Geminos nennt die Entasis der Säulen als Mittel gegen die Gesichtstäuschung, die eine zylindrische Säule in der Mitte eingesunken erscheinen läßt. Das Problem der Entasis ist bekanntlich meist mit großer Feinheit in der griechischen Architektur gelöst; ob das aber wirklich auf exakter Berechnung beruht oder vielmehr auf Handwerkerpraxis, ist zweifelhaft; es gab aber eine reiche Literatur über architektonische Fragen, die Vitruvius anführt (VII praef. 11 ff.), aber nicht ersetzen kann. Die perspektivische Verschiebung von zwei parallelen Säulenreihen, daß der Abstand kleiner zu werden scheint, ist ein beliebtes Beispiel der Gesichtstäuschungen (*στοὰ μείουρος* Sextos Emp., Adv. logic. I 244; Geminos in Herons Deff. 135, 9; Schöne zu Damianos S. 23); die theoretische Begründung gibt Euklids Optik 6.

V. Musik

1. Es ist bekannt, daß die Akustik[1] in den erhaltenen griechischen Theatern eine vortreffliche ist. Bei der auch heute noch großen Schwierigkeit der Sache kann das nicht auf exakter Theorie beruhen; daß man aber empirisch gewisse grundlegende Beobachtungen gemacht hatte, steht fest. Über die Natur des Schalles waren die Griechen einigermaßen im klaren. Die aristotelischen Probleme, die überhaupt (XI) viele Beobachtungen über Schall und Stimme enthalten, definieren die *φωνή* als *ἀήρ τις ἐσχηματισμένος καὶ φερόμενος* (XI 23, 51) oder *ῥύσις τις* (XI 45); die tiefe Stimme setzt mehr Luft in Bewegung, aber nur für eine kürzere Strecke (XI 19); während das

[1] A. Eichhorn, Die Akustik großer Räume nach altgriechischer Theorie, Berlin 1888 (traut doch wohl den Griechen zu viel Theorie zu).

Licht nur *κατ' εὐθεῖαν* sich bewegt, setzt der Schall die Luft in einem größeren Umfang in Bewegung, so daß wir *ἀκούομεν πανταχόθεν* (XI 49, 58); das Echo ist eine *ἀνάκλασις* (XI 7, 23). Vitruvius (V 3, 6) vergleicht die von der Stimme (*vox est spiritus fluens aeris*) hervorgerufene Bewegung der Luft mit den unzähligen Kreisen, die ein hineingeworfener Stein im Wasser hervorbringt, und die gestört werden, wenn sie auf ein festes Hindernis stoßen; daher muß man beim Bau eines Theaters dafür sorgen, daß die Stimmen von der Bühne ungehindert an alle Zuschauer kommen; das hätten die Alten durch mathematische und musikalische Rücksichten erreicht (V 3, 7—8; 5, 1). Die Lage muß sorgfältig gewählt werden, so daß sie keinen störenden Nebengeräuschen ausgesetzt ist (V 8). Man hatte auch ein Mittel erfunden, um den Schall zu verstärken; musikalisch abgestimmte Bronzegefäße (*ἠχεῖα*) wurden verdeckt in Hohlräumen des Zuschauerraums angebracht (ausführlich beschrieben[1] von Vitruvius V 5, vgl. I 1, 9; Mummius hatte nach der Zerstörung des Theaters in Korinth solche *echea aënea* als Beute mitgebracht und im Dianatempel geweiht, s. V 5, 8). Schon die aristotelischen Probleme (XI 8—9) bemerken, daß es in einem Zimmer mehr Resonanz gibt, wenn leere Tonkrüge zugedeckt darin vergraben werden. Daß bei großen überdeckten Räumen die drei Dimensionen in einem einfachen mathematischen Verhältnis zueinander stehen, hebt Vitruvius (V 2) als auch für die Akustik wichtig hervor.

2. Vitruvius beruft sich öfters auf Aristoxenos und seine musikalischen Theorien;[2] er gibt eine kurze Übersicht der Hauptpunkte der *harmonice*, die er als eine dunkle und schwierige Wissenschaft bezeichnet, besonders wenn man die griechische Literatur nicht kennt (V 4). Von der reichen griechischen Literatur über mathematische Musiktheorie, die hier allein in Betracht kommt, ist ziemlich viel erhalten.[3]

Daß die Pythagoreer früh auf die Abhängigkeit der Töne von einfachen Zahlenverhältnissen aufmerksam geworden, kann nicht bezweifelt werden; vermutlich sind sie eben durch diese Entdeckung auf ihre Lehre von der Herrschaft der Zahl geführt worden.[4] Seitdem gehört die Musiktheorie zum Quadrivium der Mathematik; Archytas hatte in seinem *Ἁρμονικός* von diesem ausgesprochen: *ταῦτα τὰ μαθήματα δοκοῦντι ἡμεν ἀδελφεά*.[5] Von ihm und Eudoxos scheint die richtige Auffassung der Natur der Töne als abhängig von der Bewegung der Luft herzurühren.[6] Ein Experiment

[1] Vgl. Terquem, La science Romaine à l'époque d'Auguste S. 118 ff.

[2] Der Architekt soll sein *non musicus ut Aristoxenus sed non amusos* (I 1, 13); als Quelle genannt V 4, 1; 5, 6.

[3] Gesammelt in Musici scriptores Graeci rec. C. Jan, Leipzig 1895 (mit einem Supplement ebd. 1899, worin die erhaltenen Melodien); S. 2—35 Aristotelis loci de musica. S. 37—111 Pseudo-Aristotelis de rebus musicis problemata. — Bojesen, De harmonica scientia Graecorum, Hauniae 1833. Die griechische Musik hatte einen wesentlichen Einfluß auf die altchristliche; die ursprüngliche Kirchenmusik baut unmittelbar auf ihr und behielt die Namen der griechischen Tonarten bei. Vgl. Gevaert, Les origines du chant liturgique de l'église latine, Gand 1890.

[4] C. v. Jan, Musici script. S. 120 ff. Vgl. Tannery, MSc. III S. 68 ff.: Du rôle de la musique grecque dans le développement de la mathématique pure. Bekannt ist ihre Lehre von der Harmonie der Sphären, s. Theon Smyrn. S. 138 ff. Vgl. C. v. Jan, Phil. LII S. 32 ff.

[5] Diels, Fragmente der Vorsokratiker[3] I S. 330 ff.

[6] Theon Smyrn. S. 61.

zur Bestimmung der Zahlenverhältnisse der Grundtöne wird auf Lasos von Hermione und den Pythagoreer Hippasos zurückgeführt.[1] Platon, der sich lebhaft für Musik interessiert und ihr einen großen pädagogischen Einfluß zutraut, steht wesentlich auf dem Standpunkt seiner pythagoreischen Freunde.[2] Gegen die rein mathematische Auffassung opponierten die Praktiker die dem Gehör allein die Entscheidung überlassen wollten. Der bedeutendste Musiktheoretiker des IV. Jahrh., Aristoxenos aus Tarent, räumte zwar der Theorie (*διάνοια*) eine gewisse Bedeutung ein, aber Hauptrichter über die Intervalle war ihm doch die *ἀκοή*,[3] und der Gegensatz zwischen seiner Schule und den mathematischen Theoretikern läßt sich durch das ganze Altertum verfolgen.[4]

Der Zwiespalt zeigt sich schon bei den zwei ältesten erhaltenen musiktheoretischen Schriften, die beide unter dem Namen des Eukleides gehen, die *Κατατομὴ κανόνος* und die *Εἰσαγωγὴ ἁρμονική*.[5] Erstere, deren Echtheit ohne triftige Gründe bestritten wird,[6] vertritt die mathematische Theorie der Pythagoreer, letztere dagegen den Standpunkt des Aristoxenos; außerdem schwanken für sie die Hssn. sehr stark in der Angabe des Verfassers; am besten ist der Name Kleoneides bezeugt.[7] Von Euklid kann das Buch jedenfalls nicht sein, wenn die *Κατατομή* ihm gehört.

Von der antiken Musikliteratur führe ich nur noch an, was für die exakte Wissenschaft irgend ein Interesse hat, sei es auch nur wegen des Namens der Verfasser.

Von Ptolemaios besitzen wir ein bedeutendes Werk *Ἁρμονικά* (in 3 Büchern, ed. Wallis, Oxford 1682); er sucht zwischen Aristoxenos und den „Kanonikern“ zu vermittlen. Vgl. Boll, Studien über Claudius Ptolemäus, Leipzig 1894, S. 93 ff. Zu diesem Werk gibt es einen Kommentar, der in den Hssn bald dem Pappos, bald dem Neuplatoniker Porphyrios zugeschrieben wird.[8] Weniger bedeutend ist das *Ἁρμονικὸν ἐγχειρίδιον* des Nikomachos,[9] wahrscheinlich nur ein Auszug aus einem größeren Werk, das noch Boetius benutzt hat.[10] Für die byzantinische Musikliteratur gibt Krumbacher, Gesch. d. byzant. Literatur[2] S. 598 ff. die Nachweise. Das unter Psellos' Namen gehende Quadrivium (oben S. 46) sowie das des Pachymeres (oben S. 47)

[1] Theon Smyrn. S. 59; Scholl. in Plat. Phaed. 108 d.

[2] Th. H. Martin, Études sur le Timée de Platon, Paris 1841, I S. 383 ff.; Tannery, MSc. VI S. 71 ff. Bei Theon aus Smyrna, *Τὰ κατὰ τὸ μαθηματικὸν χρήσιμα εἰς τὴν Πλάτωνος ἀνάγνωσιν* (ed. E. Hiller, Leipzig 1878) findet sich auch ein Abschnitt über Musik (S. 46—72), oben wegen der wichtigen historischen Notizen benutzt.

[3] Aristoxenos, *Ἁρμονικὰ στοιχεῖα* S. 48 ed. Marquard. Vgl. Tannery, MSc. III S. 97 ff.: Sur les intervalles de la musique grecque.

[4] Eine Hauptquelle für die Geschichte der Musik ist der unter dem Namen des Plutarchos erhaltene Dialog *Περὶ μουσικῆς* (neueste Ausgabe von Weil u. Reinach, Paris 1900).

[5] Herausgegeben von v. Jan, Musici scriptt. S. 148 ff., 179 ff. und von H. Menge, Euclidis Opp. VIII (1916) S. 158 ff., 186 ff.

[6] Tanneery, MSc. III S. 213 ff. Vgl. Menge, Eucl. Opp. VIII S. XXXVIII ff. Sie wird bei Porphyrios mit Namen zitiert, und *μουσικῆς στοιχεῖα* des Eukleides kennen Proklos (in Eucl. S. 69) und Marinos (in Data S. 254). Vgl. Studien üb. Euklid S. 52 f.

[7] Ebd. S. 53 ff.

[8] Hultsch, Pappos III S. XIII. Ed. Wallis, Opera mathematica III, Oxford 1699.

[9] v. Jan, Musici scriptt. S. 235 ff.

[10] v. Jan a. O. S. 211 ff. Boetius, De institutione musica libri V, ed. Friedlein, Leipzig 1867, S. 175 ff. Was die römische Literatur sonst über Musik bietet, ist ganz unbedeutend (Censorinus, De die nat. 10; Macrobius in Somn. Scipionis II 1—4: Harmonie der Sphären; Martianus Capella IX; Cassiodorius, De disciplinis.

enthalten auch Abschnitte über Musik. Eine Redaktion der Harmonik des Ptolemaios von Nikephoros Gregoras enthält der cod. Coislin. 172 (Montfaucon, Bibliotheca Coisliniana S. 227). Hier bleibt noch manches zu tun (vgl. C. Höeg, RÉGr. XXXV, 1922, S. 321 ff.: La théorie de la musique byzantine).

VI. Geographie[1] und beschreibende Naturwissenschaft

1. Länderbeschreibung war von Anfang an wie die Ethnographie Beiwerk der Geschichte. Um 500 hatte Hekataios die Küsten der Mittelmeerländer und ihre Merkwürdigkeiten, besonders die Wunder Ägyptens, eingehend beschrieben.[2] Umfangreicher war die Autopsie des Herodotos; er beseitigte zwar mit Hohn den Okeanos des homerischen Weltbildes (II 23), aber seine Abneigung gegen philosophische Spekulation hinderte ihn daran, die revolutionierende Entdeckung der Kugelform der Erde durch die Pythagoreer anzuerkennen, obgleich er in Unteritalien mit ihnen in Berührung gekommen war (II 81). Die meisten Historiker der Folgezeit bringen gelegentlich geographische und ethnographische Exkurse, besonders reichlich Ephoros.[3] Nach Geminos (*Εἰσαγ.* XVI 32) hat Polybios ein eigenes Werk *Περὶ τῆς ὑπὸ τὸν ἰσημερινὸν οἰκήσεως* geschrieben; es war aber vielleicht nur ein Exzerpt aus seinem 34. Buch, das besonders über Geographie handelte. Von den römischen Geschichtsschreibern sind Caesar und Tacitus dem Beispiel der griechischen gefolgt; jener beschreibt in seinem Buch *De bello Gallico* kurz Britannien (V 12—14), ausführlicher Germanien (VI 11—28); dieser hat in seinem *Agricola* ein paar Seiten über Britannien (Capp. 10—12), und Germanien hat er in einer Monographie beschrieben. Schon der alte Cato hatte in seinen *Origenes* gelegentlich manche ethnographische Notiz angebracht, besonders über Verhältnisse, die ihn als Landmann interessierten; und Sallustius gibt (De bello Jugurth. 17—19) eine kurze Beschreibung von Nordafrika. Auch Ammianus Marcellinus hat geographische Exkurse.

Daß in der Schule des Aristoteles auch Geographie gelehrt wurde, beweist das Testament des Theophrastos (Diogenes Laërtios V 51), worin er über seine Landkarten (*πίνακες, ἐν οἷς αἱ τῆς γῆς περίοδοί εἰσιν*)[4] zum Besten der Schule verfügt. Und gerade damals strömte neue und zuverlässige Kunde den Forschern zu durch Alexanders Kriegszüge im Innern Asiens, wobei der weitschauende Schüler des Aristoteles auch auf den wissenschaftlichen Gewinn bedacht war. Wenn Aristoteles gewiß mit Recht gegen die zu seiner Zeit vorliegenden Distanzmessungen mittels Angaben über Wegelängen zu Lande und zur See einige Skepsis hegt (Meteorol. II 5, 14: *ὡς ἐνδέχεται λαμβάνειν τῶν τοιούτων τὰς ἀκριβείας*), so bekam man jetzt genaue Bestimmungen der Entfernungen in Asien bis nach Indien, die Alexander durch Sachverständige (*βηματισταί*) aufnehmen und veröffentlichen ließ.[5]

[1] Ukert, Geographie der Griechen und Römer, Weimar 1816 ff., und besonders H. Berger, Geschichte der wissenschaftlichen Erdkunde der Griechen, I—IV, Leipzig 1887—93. Die Texte gesammelt von C. Müller, Geographi Graeci minores, I—II, Paris 1855—61.

[2] C. Müller, Fragmenta historicorum Graecorum I S. 1—25 (*Περίοδος γῆς*).

[3] C. Müller a. O. I S. LXII ff.

[4] Die Weltkarte des Phrontisterions ist dem Strepsiades ein Wunder (Aristophanes, *Νεφ.* 202 ff.).

[5] Athenaios X 442 b: *Σταθμοὶ τῆς Ἀλεξ-*

2. Es ist begreiflich, daß durch das überreiche Material neues Leben in die geographische Forschung hineinkam, und daß man alte Probleme wieder aufnahm und neue stellte.

Den Anfang dieser Neuschöpfung hat ein Mitschüler des Theophrastos, Dikaiarchos aus Messene, gemacht,[1] seine streng wissenschaftlichen Werke wurden aber bald überholt, und es ist kaum möglich, nach den wenigen erhaltenen Fragmenten[2] seine Leistungen zu würdigen. In seiner *Περίοδος γῆς*[3] hatte er die Grenzen und Dimensionen der *οἰκουμένη* untersucht, deren Länge er mit Demokrit als 1½ mal der Breite angab, während Eudoxos sie als doppel so groß geschätzt hatte (Fragm. 54); die Kugelgestalt der Erde stand ihm fest (Fragm. 53), und der Ansatz des Erdumfangs zu 300000 Stadien, den Archimedes (*Ψαμμίτης* I 8) als allgemein angenommen bezeichnet, stammt wahrscheinlich von ihm. Die *οἰκουμένη* teilte er in eine nördliche und eine südliche Hälfte durch eine Gerade von Gibraltar (*αἱ στῆλαι* Fragm. 57) über Sardinien, Sizilien, Peloponnes, Karien, Lykien, Pamphylien, Kilikien, Taurusgebirge und dessen angenommene Fortsetzung das „Imaosgebirge“ (Fragm. 55), vermutlich als Grundlage für Breitenbestimmungen. Außerdem hatte er Gebirgshöhen gemessen; Suidas nennt ein Werk von ihm *Καταμετρήσεις τῶν ἐν Πελοποννήσῳ*, aber außer der Höhenangabe für Kyllene in Arkadien[4] ist auch seine Berechnung der Höhe von Pelion erhalten.[5] Das unter seinem Namen erhaltene kleine Gedicht *Ἀναγραφὴ τῆς Ἑλλάδος* (Fuhr S. 459 ff.) ist unecht. Dikaiarchos war auch auf mehreren anderen Gebieten literarisch tätig.[6] Sein *Βίος τῆς Ἑλλάδος* (Fuhr S. 85 ff.), eine Kulturgeschichte Griechenlands, gab den Anstoß zu einer neuen Periegesenlitteratur, die neben Sitten und Gebräuchen auch Kunstwerke u. ä. berücksichtigte. Ein höchst interessanter Überrest der mehr populären Gattung (Fuhr S. 140 ff., Hist. Gr. fragmm. II S. 254 ff.) gibt namentlich eine lebendige Schilderung von Boiotien mit vielen realistischen Zügen (z. B. 14—20 von den gewalttätigen Männern und den schönen, kokett gekleideten Frauen Thebens). Gelehrter war die Periegese Polemons (II. Jahrh.), worin auch Inschriften als Quellen für Kunst- und Kulturgeschichte ausgenutzt waren (Hist. Gr. fragmm. III S. 108 ff.). Einen Nachklang haben wir in der *Ἑλλάδος*

ἀνδρου πορείας von einem Baiton *ὁ Ἀλεξάνδρου βηματιστής*. Strabon II 1, 6. Ueber das Weltmeer im Osten und die Küsten Indiens und Südasiens brachten die Entdeckungsfahrten des Admirals Alexanders Nearchos und anderer Seefahrer sichere Kunde. Erhalten ist unter dem Namen des alten persischen Entdeckungsreisenden Skylax (Herodot IV 44) eine allgemeine Küstenbeschreibung der 3 Weltteile (Geogr. Gr. min. I S. 15 ff.) und aus etwas späterer Zeit eine Uebersetzung der von dem Karthager Hanno gegebenen Beschreibung der Westküste Afrikas (ebd. S. 1 ff.). Ueber den hohen Norden berichtete der kühne Massaliote Pytheas in seinem mit Unrecht geschmähten Buch *Περὶ Ὠκεανοῦ*.

[1] Strabon I 1 nennt ihn neben Demokrit und Eudoxos unter den ersten Geographen zwischen den alten Ioniern und Eratosthenes.

[2] Fuhr, Dicaearchi Messenii quae supersunt, Darmstadt 1841. Fragmenta historicorum Graecorum II S. 225 ff.

[3] Der Titel nur bei Laurentios Lydos, De mensib. IV 107, erhalten. Vielleicht war eine Karte beigegeben.

[4] Geminos, *Εἰσαγ.* XVII 5: *ἔλασσον σταδίων ῑε, ὡς Δικαίαρχος ἀναμεμετρηκὼς ἀποφαίνεται.*

[5] Plinius, Nat. hist. II 162: Dicaearchus, vir in primis eruditus, regum cura permensus montes, ex quibus altissimum prodidit Pelion MCCL passuum.

[6] Seine philosophischen und politischen Schriften waren Lieblingslektüre Ciceros (ad Att. II 2, 2; 12, 4; *deliciae meae* Tusc. I 77).

περιήγησις des Pausanias (2. Jahrh.), dem wir trotz dem unangenehmen Firnis seiner rhetorischen Verbildung für unzählige nützliche Nachrichten dankbar sein müssen.

Die Arbeit des Dikaiarchos nahm etwa 100 Jahre später mit viel reicherem Material der vielseitige alexandrinische Gelehrte Eratosthenes wieder auf.[1] Sein geographisches Werk (*Γεωγραφικά*, 3 Bücher) fing mit einem Überblick über die Geschichte der Erdbeschreibung an, mit Homer beginnend, über dessen geographische Kenntnisse er in Gegensatz zu der gewöhnlichen Überschätzung sehr vernünftig urteilte (Strabon I 2, 2 ff.),[2] und bis zu den Forschungsreisen der Zeit Alexanders durchgeführt. Von der Kugelgestalt der Erde ausgehend (Strabon I 3, 3) beschrieb er die *οἰκουμένη* als eine vom Okeanos umflossene Insel (Strabon I 3, 13). Den Umfang der Erde berechnete er zu 252000 Stadien[3] durch ein rein mathematisches Verfahren mit astronomischen Beobachtungen als Grundlage; Syene, an der Südgrenze Ägyptens unter dem Wendekreis des Krebses gelegen, setzte er auf dem Meridian Alexandreias an in einer Entfernung von 5000 Stadien (beides nicht ganz genau); wenn die Sonne am Sommersolstitium in Syene am Zenith steht, wird der Bogen, den der Gnomonschatten in Alexandria abschneidet, sich zum ganzen Kreis verhalten wie der Meridianbogen zwischen den beiden Orten zum größten Kreis der Erde; dieser läßt sich dann durch Messung am Gnomon als 50×5000 Stadien bestimmen.[4] Bei der mathematischen Beschreibung der *οἰκουμένη*, deren Länge er zu etwa 78000, die Breite zu 38000 Stadien schätzte,[5] behielt er die Teilungslinie des Dikaiarchos bei und teilte die Erdoberfläche durch 6 Parallelkreise und 7 Meridiankreise in ungleiche Vierecke (*σφραγῖδες*), die er einzeln beschrieb. Für den nördlichsten Teil benutzte er die Nachrichten des Pytheas,[6] die Dikaiarchos noch angezweifelt hatte, und für die dem Buche beigegebene Weltkarte war er überhaupt wesentlich auf die Literatur angewiesen,[7] deren Angaben über Tagemärsche und Küstenlinien natürlich nicht für eine exakte Kartenzeichnung ausreichten, selbst dann nicht, wenn sie wirklich durch amtlich für ihn vorgenommene Vermessungen ergänzt wurden.[8] Aber wo exakte astronomische Beobachtungen vorlagen, hat er sie sorgfältig benutzt, und überhaupt hat er im großen und ganzen geleistet, was mit dem vorhandenen Material erreichbar war.

Eratosthenes hat kein Hehl gemacht aus der Unsicherheit mancher Nachrichten, worauf er bauen mußte,[9] und die gegen ihn bald gerichtete Kritik ist etwas unbillig. Polemons Schrift gegen ihn[10] scheint nicht besonders

[1] H. Berger, Die geographischen Fragmente des Eratosthenes, Leipzig 1880.

[2] Seinen Witz, man könne ebensogut den Schuster suchen, der den Sack der Winde für Aiolos genäht hatte, als die Gegenden, wo Odysseus umherirrte, nahm ihm noch Polybios übel (Strabon I 2, 15).

[3] Berger a. O. S. 99 ff. In einigen Quellen werden 250000 St. angegeben (ebd. S. 141 f.).

[4] Eine klare Beschreibung seines Verfahrens bei Kleomedes I 10.

[5] Strabon I 4, 2; 4, 5; die genaue Bestimmung der Länge ist nicht direkt überliefert, läßt sich aber einigermaßen berechnen (Berger a. O. S. 158 ff.).

[6] Strabon II 4, 2, woraus hervorgeht, daß er ihm sonst nicht blindlings folgte.

[7] Strabon II 1, 5 nach Hipparchos.

[8] Vgl. Martianus Capella VI 598: *per mensores regios.*

[9] Strabon XV 2, 8 (*οὐ γὰρ ἔχομέν τι λέγειν βέλτιον περὶ αὐτῶν* sagte er bescheiden von seinen Angaben über die Paropamisaden).

[10] Fragmm. hist. Gr. III S. 130 f.

seine Geographie angegriffen zu haben; aber Polybios kritisiert sie scharf,[1] und der Astronom Hipparchos[2] verwarf die ganze Grundlage der eratosthenischen Karte und forderte für alle Ortsbestimmungen astronomische Beobachtungen. Er teilte den Meridian vom Äquator zum Pol in 90 Grade und bestimmte soweit möglich die astronomischen Verhältnisse (*τὰς γινομένας ἐν τοῖς οὐρανίοις διαφορὰς καθ' ἕκαστον τῆς γῆς τόπον, τὰ παρ' ἑκάστοις φαινόμενα,* Strabon II 34) für jeden der durch die Teilungspunkte gezogenen Parallelkreise und unterwarf auch im einzelnen die Sphragiden des Eratosthenes einer eingehenden Kritik. Als weitere Vorarbeit für eine Reform der Kartenzeichnung verfaßte er ein Verzeichnis der beobachteten Finsternisse (Plinius, Nat. hist. II 54).

3. Daß dies alles nur Vorarbeiten waren, und daß zur Verwirklichung seiner idealen Forderungen viel Zeit und vieler Hände Arbeit nötig waren, darüber ist Hipparchos sich natürlich klar gewesen; er hatte aber den Bogen zu hoch gespannt, und man wandte sich zunächst von der mathematisch-astronomischen Geographie ab; seine streng wissenschaftlichen Arbeiten wurden nicht fortgesetzt. Sein Zeitgenosse Seleukos aus Seleukeia war noch Theoretiker; er gab nach dem Vorgang des Pytheas[3] die richtige Erklärung von Ebbe und Flut und verteidigte die Ansicht des Aristarchos von der Sonne als Zentrum der Welt und die des Herakleides Pontikos von der Unendlichkeit des Raumes,[4] beides gegen die herrschende Meinung. Aber die umfangreichen geographischen Werke eines anderen Zeitgenossen Agatharchides aus Knidos blieben ganz im Fahrwasser der ethnographischen Periegese,[5] und die *Γεωγραφούμενα* des Artemidoros aus Ephesos müssen nach den Fragmenten[6] wesentlich den Charaktar eines *περίπλους* gehabt haben; er kritisiert gern den Eratosthenes,[7] ebenso wie Polybios, und hatte wie dieser[8] weite Reisen gemacht; beide stehen offenbar im Banne der nüchternen römischen Denkweise, die nur für den praktischen Nutzen der Geographie Verständnis hat und der wissenschaftlichen Seite fremd gegenüber steht.

Wenn hierin im I. Jahrh. eine Wendung eintrat, ist das Poseidonios zu verdanken, der als Lehrer auf Rhodos und durch seine Schriften, die in Gegensatz zu denen der älteren Stoiker populär-rhetorisch geschrieben waren, einen großen Einfluß, auch bei den Römern, ausübte (oben S. 57). In seinem Buch *Περὶ ὠκεανοῦ*[9] hatte er die Beobachtungen, die er auf weiten Reisen gemacht, verwertet sowohl zu ethnographischen Schilderungen als für Fragen der physischen Geographie, wie die Erklärung von Ebbe und Flut, worin er sich an Seleukos anschloß,[10] und die Zonenteilung,[11] deren Geschichte er gab; den Erdumfang berechnete er zu 240000 Stadien,[12]

[1] Strabon II 4, 2—4; VII 5, 9.

[2] H. Berger, Die geographischen Fragmente des Hipparch, Leipzig 1869.

[3] Diels, Doxographi S. 383, 4 ff.

[4] Ebd. S. 383, 26 ff.; 328, 4 ff. Strabon III 5, 9.

[5] Geogr. Gr. min. I S. 111 ff.

[6] Stiehle, Phil. XI (1856) S. 193 ff.

[7] Strabon III 2, 11; 4, 7; 5, 5: XVII 3, 2 u. 8.

[8] R. v. Scala, Die Studien des Polybios I (Stuttgart 1890) S. 6 f.

[9] Fragmm. hist. Gr. III S. 277 ff.

[10] Strabon III 5, 8—9.

[11] Strabon II 2, 2 ff.; Kleomedes I 6.

[12] Seine Methode, die *ἁπλουστέρα* als die mathematische des Eratosthenes sei, beschreibt Kleomedes I 10. Nach dem ausdrücklichen Zeugnis Strabons (II 2, 2) hat er den Erdumfang zu 180000 Stadien an-

und es ist überhaupt unverkennbar, daß er wieder an Eratosthenes anknüpfte; Strabon (II 2, 1) findet, daß er manches *μαθηματικώτερον* behandle, als es einem richtigen Geographen ansteht. Es ist charakteristisch, daß Cicero, der Bewunderer des Poseidonios, als er auch über Geographie schreiben will, nach dem wieder zu Ehren gekommenen Eratosthenes greift, aber vor der Fachkritik zurückschrickt (ad Attic. II 6, 1). Wenn Strabon, der das Ziel der Geographie in der Beschreibung der *οἰκουμένη* sieht, zum Nutzen namentlich der Staatsmänner und Feldherren,[1] dennoch zugibt, daß der Geograph etwas Mathematik und Astronomie verstehen muß, um die Ergebnisse dieser Wissenschaften benutzen zu können,[2] geschieht das aus Respekt vor Poseidonios;[3] aber Untersuchungen über Gestalt und Größe der Erde, über die Okeanosfrage und die uns unzugänglichen Teile der Welt gehören für ihn nicht in die Geographie.[4] Was sein Werk für uns wichtig und interessant macht, ist die Fülle von Nachrichten und die lebendigen Schilderungen der Zustände im Römerreich, das er fast ganz aus Autopsie kennt.

4. Die römische Verwaltung hatte Karten nötig. Eine Karte über Italien (*in pariete pictam Italiam*) erwähnt Varro (Rer. rust. I 2, 1), und Caesar plante eine Reichsvermessung, die Agrippa ins Werk setzte und Augustus durchführen ließ. Auch die griechische Wissenschaft nahm die Aufgabe auf. Im 2. Jahrh. sammelte ein sonst unbekannter Marinos aus Tyros Material für eine Weltkarte,[5] und seine Arbeit setzte Ptolemaios fort in seiner *Γεωγραφικὴ ὑφήγησις* (8 Bücher).[6] Buch I ist eine allgemeine Einleitung über Zweck und Methode des Werks und bringt daneben eine Auseinandersetzung mit Marinos. Buch II—VII enthalten Verzeichnisse von etwa 8000 Orten mit Angabe ihrer Längen und Breiten, nach Provinzen geordnet. Buch VIII gibt die Anweisung, wie man die Weltkarte zu zeichnen hat (in 26 Abteilungen). In mehreren Hssn[7] sind Karten beigegeben, die z. T. wenigstens auf Ptolemaios selbst zurückzugehen scheinen.[8] Die meisten Daten hat er aus älteren Quellen zusammengestellt (vgl. I 4), und exakte astronomische Bestimmungen haben ihm keineswegs überall vorgelegen; auch passiert ihm manche Flüchtigkeit, wie der berühmte Ort in Germanien Siatutanda (II 11, 27), der den Worten des Tacitus (Annal. IV 73) *ad sua tutanda digressis rebellibus* sein Dasein verdankt.[9] Aber das fleißige und nützliche Werk hat die Folgezeit, und zwar nicht nur im Altertum, vollständig beherrscht.

gegeben; was hier für ein Mißverständnis vorliegt, ist unklar (Viedebantt, Klio XIV, 1914, S. 207 ff.).

[1] I 1, 16: *τῆς γεωγραφίας τὸ πλέον ἐστὶ πρὸς τὰς χρείας τὰς πολιτικάς*; 18: *τὸ μὲν δὴ πλέον, ὥσπερ εἴρηται, πρὸς τοὺς ἡγεμονικοὺς βίους καὶ τὰς χρείας ἐστίν*; 22: *ἁπλῶς δὲ κοινὸν εἶναι τὸ σύγγραμμα τοῦτο δεῖ καὶ πολιτικὸν καὶ δημωφελὲς ὁμοίως ὥσπερ τὴν τῆς ἱστορίας γραφήν.*

[2] I 1, 21. Der Geograph schreibt für Leute, denen die Grundbegriffe der Astronomie und Mathematik nicht fremd sind, II 5, 1—2.

[3] II 3, 3: *τῆς γεωγραφικῆς μερίδος ἔξω πίπτει, δοτέον δ' ἴσως τῷ προθεμένῳ τὴν περὶ ὠκεανοῦ πραγματείαν* (d. h. Poseidonios) *ταῦτ' ἐξετάζειν.*

[4] I 1, 20; II 2, 1; II 5, 13.

[5] Ptolemaios, Geogr. I 6.

[6] Ed. Nobbe, Leipzig 1843; die einzige kritische Ausgabe von C. Müller und Fischer, I—II, Paris 1883—1901, ist noch unvollendet. O. Cuntz, Die Geographie des Ptolemaeus, Galliae, Germania, Raetia, Noricum, Pannoniae, Illyricum, Italia. Berlin 1923.

[7] Faksimile einer Athoshs. von Langlois, Paris 1867.

[8] Ueber diese umstrittene Frage orientiert Tudeer, JHSt. XXXVII (1917) S. 62 ff.

[9] Die oben S. 85 Anm. 12 erwähnte miß-

Von dem verständigen Alexanderhistoriker Arrianos haben wir einen, amtlichen Bericht an Hadrian über eine Beseglung des Schwarzen Meers, die er 131 als Legat unternahm (*Περίπλους Εὐξείνου πόντου*) und eine Beschreibung Indiens (*Ἰνδική*), hervorgegangen aus seiner Beschäftigung mit dem Zug Alexanders. Der unter seinem Namen gehende *Περίπλους τῆς ἐρυθρᾶς θαλάττης* (Geogr. Gr. min. I S. 257 ff.) ist eine etwas ältere, auf Kaufleute berechnete Hafenbeschreibung.

Was sonst von späterer Geographie bei den Griechen erhalten ist, hat wenig Wert,[1] und die Römer begnügten sich meist mit Aufzählungen wie bei Plinius (Nat. hist. III—VI), Kompendien, Itineraren und Routenkarten, wie die berühmte *tabula Peutingeriana*. Das Beste ist das Büchlein des Pomponius Mela, *De situ orbis* (3 Bücher, 1. Jahrh.), eine geographische Weltbeschreibung mit ethnographischen Notizen aus guten Quellen. Der Philosoph Seneca, dessen *Naturales quaestiones* gelegentlich auch astronomische Geographie berühren (nach Poseidonios), hatte auch *De situ Indiae*, *De situ et sacris Aegyptiorum* und *De forma mundi* geschrieben.[2]

Auch in Versen wurde Geographisches behandelt. Strabon (XIV 25) erwähnt 2 Gedichte des ephesischen Rhetors Alexandros *ὁ Λύχνος προσαγορευθείς* (Caesars Zeit), in denen er *τά τε οὐράνια διατίθεται καὶ τὰς ἠπείρους γεωγραφεῖ*. Erhalten ist die *Περιήγησις τῆς οἰκουμένης* eines Dionysios (Hadrians Zeit), die als Schulbuch benutzt wurde und deshalb eifrig paraphrasiert und erläutert,[3] auch zweimal ins Lateinische übersetzt von dem begabten Dichter Avienus (4. Jahrh.), von dem wir auch ein Fragment seiner Küstenbeschreibung Europas haben (in iambischen Trimetern), und von dem bekannten Grammatiker Priscianus.

Bei den Byzantinern wurde die wissenschaftliche Geographie nur wenig und ohne Selbständigkeit gepflegt; 2 kleine Abhandlungen von Nikephoros Blemmydes (13. Jahrh.), *Γεωγραφία συνοπτική* (nach Dionysios) und *Περὶ τῆς γῆς*, in den Geogr. Gr. min. II S. 458 ff. Von einem Mönch Kosmas *ὁ Ἰνδικοπλεύστης* (6. Jahrh.) haben wir ein kurioses Werk *Χριστιανικὴ τοπογραφία*,[4] dessen Ziel es ist, eine mit der Bibel stimmende physische Geographie zu geben; er gibt die Kugelform der Erde als heidnische Weisheit preis und will lieber die Arche Noahs als Vorbild annehmen. Er war aber als Kaufmann nach Arabien und Ostafrika gekommen, und was er dort gesehen und erlebt hat, beschreibt er lebendig und interessant; was er über Indien berichtet, hat er nur vom Hörensagen.

Kirchlichen und administrativen Zwecken dienen die Verzeichnisse der

verständliche Angabe des Erdumfanges zu 180000 Stadien hat er gedankenlos aus Marinos übernommen (VII 5, 12), obgleich er sonst seine Maßangaben kritisiert.

[1] Gesammelt bei C. Müller a. O. Außerdem: Stephanos Byzantios, *Ἐθνικά*, ein geographisches Lexikon, nur im Auszug erhalten. — Daß die mathematische Geographie nicht ganz versäumt wurde, beweisen die zwei noch nicht herausgegebenen Werke des Theodosios (oben S. 59) *Περὶ ἡμερῶν καὶ νυκτῶν* (2 Bücher) und *Περὶ οἰκήσεων*, lateinisch von Maurolycus, Messanae 1558, nur die Sätze, vollständig von Auria, Rom 1591; die Sätze allein griechisch bei Dasypodius, Sphaericae doctrinae propositiones, Argentorati 1572. Vgl. Pappos VI 48 ff.

[2] Die Ueberreste, fast nur die Buchtitel, in Haases Ausgabe III S. 420.

[3] Text, Uebersetzung des Avienus und des Priscianus, Kommentar des Eustathios und Paraphrase in Geogr. Gr. min. II.

[4] Ed. Winstedt, Cambridge 1909.

Bischofsitze, der *Συνέκδημος* des Hierokles (ein Verzeichnis der Provinzen und Städte des Reichs, aus Justinians Zeit) und das Staatshandbuch *Περὶ θεμάτων* des Kaisers Konstantinos Porphyrogennetos. Von anderen Erzeugnissen praktischer Geographie gibt es Itinerare, Portolane und Beschreibungen des heiligen Landes für Wallfahrer.[1]

5. Die alte ionische Periegese berücksichtigte auch zoologische und botanische Merkwürdigkeiten der beschriebenen Gegenden. So hat Herodot in seiner Schilderung Ägyptens die Beschreibung des Nilpferds und der Krokodilenjagd (II 70—71) aus Hekataios übernommen,[2] und von der Entstehung des Weinstocks in Aitolien hatte Hekataios ebenfalls berichtet (Athenaios II 35 *a—b*), während Hellanikos die Weinkultur aus Ägypten herleitete (ebd. 34 *a*). Herodot selbst nimmt bekanntlich auch solche Naturmerkwürdigkeiten unterwegs mit. Demokritos hatte in seinen Werken *Αἰτίαι περὶ σπερμάτων καὶ φυτῶν καὶ καρπῶν* und den 3 Büchern *Αἰτίαι περὶ ζῴων* (Diog. Laërt. IX 47) offenbar viele Beobachtungen gesammelt und rationelle Erklärungen versucht (Proben bei Diels, Vorsokr.[3] II S. 49 Nr. 143—162). Aber zu einer systematischen Behandlung des angehäuften Materials sind die Ionier nicht gekommen.

Ansätze zu einer Systematik lassen sich in Platons Schule nachweisen.[3] Gesichtspunkte für Einteilung des Tierreichs gibt Platon gelegentlich (Politikos 264 *a* ff., wilde — zahme, fliegende — gehende, *σχιστά — μώνυχες*, vgl. Tim. 39 *e*); ein Komikerfragment (Athenaios II 59 *d—f*) zeigt die Schüler der Akademie damit beschäftigt, zu unterscheiden *ζῴων τε βίον δένδρων τε φύσιν λαχάνων τε γένη* und eine Klassifikation der *κολοκύντη* anzugeben, und in seinen *Ὅμοια* hatte Speusippos auch Tiere und Pflanzen behandelt (Fragm. 209—25 Mullach). Aber eine wirkliche Wissenschaft entstand daraus erst in den Händen des Aristoteles und seiner Schule.[4]

Das Recht und den Reiz der empirischen Forschung schildert Aristoteles einmal sehr schön und mit ungewöhnlicher Wärme (De partt. animal. I 5); es sei kindisch, sich von der Untersuchung der unscheinbareren Tiere mit Ekel abzuwenden; hier gelte das Wort Heraklits: *εἰσιέναι θαρροῦντας· εἶναι γὰρ καὶ ἐνταῦθα θεούς*. Die Natur mache nichts zufällig, und das Erkennen ihres *τέλος* sei auch hier ein edler Genuß; außerdem sei das Material hier reichlicher und bei der Nähe greifbarer als die erhabenen Probleme der Metaphysik. Das grundlegende Hauptwerk, die 9 Bücher *Περὶ τὰ ζῷα ἱστορία*,[5] gibt eine Systematik des Tierreichs, die auf sicher erkannten wesentlichen Merkmalen aufgebaut ist und im großen und ganzen sich bewährt hat. Das erstaunlich reiche Material hat er nur zum Teil aus der Literatur; er hat selbst bei Fischern, Jägern, Viehzüchtern und Hirten Erkundigungen ein-

[1] Die Nachweise bei Krumbacher, Geschichte d. byz. Litteratur[2] S. 415 ff.

[2] Porphyrios bei Eusebios, Praep. evang. X 3, 16. Auch was er vom Vogel Phoinix erzählt (ohne daran zu glauben, II 73), stammt aus Hekataios, aber den Vogel selbst beschreibt er nach den gemalten Darstellungen.

[3] C. Ritter, Platons Stellung zu den Aufgaben der Naturwissenschaft, Heid. Ak. Sbb. 1919 S. 61 ff.

[4] Eucken, Die Methode der aristotelischen Forschung, Berlin 1872. Einseitig und ohne historischen Sinn: Lewes, Aristoteles, übers. von Carus, Leipzig 1865. — Lenz, Die Zoologie der alten Griechen u. Römer, Gotha 1855. J. Bona Meyer, Des Aristoteles Tierkunde, Berlin 1855.

[5] Ed. J. G. Schneider, I—IV, Leipzig 1811.

gezogen[1] und auch eigene Beobachtungen angestellt; aus unzweifelhaften Zeugnissen steht es fest, daß er Tiere seziert hat und den Befund hat zeichnen lassen.[2] Besonders hervorragend sind die beiden Schriften *Περὶ ζῴων μορίων*[3] und *Περὶ ζῴων γενέσεως*,[4] die einen feinen Sinn für Formenverwandtschaft und einen Scharfsinn zeigen, der ohne die Hilfsmittel moderner Technik modernen Anschauungen vorgreift. Wenn in der Zoologie des Aristoteles neben diesen Vorzügen zuweilen merkwürdige Irrtümer vorkommen, liegt es teils darin, daß auch seine Arbeitskraft nicht reichte, um alles mit eigenen Augen kontrollieren zu können, teils darin, daß er trotz seinen richtigen Grundsätzen sich doch von vorausgefaßten Theorien blenden ließ. Einen entschiedenen Rückschritt bedeutet seine Lehre von der Funktion des Gehirnes (als Kühlapparat für das Blut), die von den ionischen Ärzten richtig erkannt war.[5]

Aristoteles hatte auch über Botanik geschrieben (*Περὶ φυτῶν* I—II, Diogen. Laërt. V 25), aber was mit diesem Titel unter seinem Namen erhalten ist, kündigt sich selbst an als eine Rückübersetzung aus dem Lateinischen; die lateinische Fassung[6] ist wiederum eine Übersetzung aus dem Arabischen, und das unbedeutende Buch ist nicht von Aristoteles; aus dem echten Werk gibt es nur wenige Fragmente.[7] Es wurde offenbar in Schatten gestellt von den ausgezeichneten Arbeiten des Theophrastos, die noch erhalten sind, *Περὶ φυτῶν ἱστορίας* (9 Bücher) und *Περὶ φυτῶν αἰτιῶν* (6 Bücher).[8] Ersteres Werk ist eine Systematik der Pflanzenwelt, die ein sehr großes Material bewältigt, das teils aus eigenen Beobachtungen stammt, teils von Leuten der Praxis (u. a. werden genannt *οἱ ῥιζοτόμοι καὶ οἱ τοὺς φαρμακώδεις ὀποὺς συλλέγοντες* IX 1, 7; 8, 1; 8, 5), teils von den Berichten, die Alexander von Sachverständigen hatte anfertigen lassen. Daß es dem Theophrastos gelingt, nach diesen ohne Abbildungen etwas so Fremdartiges wie den riesigen indischen Feigenbaum mit seinen Stützwurzeln oder die Mangrovevegetation Indiens morphologisch richtig zu verstehen und anschaulich zu beschreiben, ist ein glänzendes Zeugnis für seine aristotelische Schulung. Das zweite Werk ist eine Physiologie und Biologie der Pflanzen, die auch abnorme Erscheinungen berücksichtigt, ganz im Geiste des Aristoteles; in der Erklärung der Tatsachen zeigt Theophrast große Vorsicht und begnügt sich oft mit einem Vielleicht.

Auch mit Mineralogie hat sich Theophrastos beschäftigt; wir haben

[1] Aber mit Kritik, *Περὶ ζῴων γενέσεως* III 5: *οὐθεὶς γὰρ αὐτῶν οὐθὲν τηρεῖ τοιοῦτον τοῦ γνῶναι χάριν.*

[2] Z. B. *Περὶ ζῴων γενέσ.* IV 1, 764a 34: *τοῦθ' ἱκανῶς τεθεωρήκαμεν ἐκ τῶν ἀνατομῶν*, Hist. animal. IV 1, 525a 8: *θεωρείσθω ἐκ τῆς ἐν ταῖς ἀνατομαῖς διαγραφῆς.* Mehr bei Heitz, Fragmenta Aristotelis, Paris 1869, S. 169 ff.

[3] Ed. A. v. Frantzius, Leipzig 1853.

[4] Edd. Aubert u. Wimmer, Leipzig 1860.

[5] Diog. Laërt. V 25 nennt noch unter den Werken des Aristoteles *Ἐκλογὴ ἀνατομῶν* und *Ὑπὲρ τῶν συνθέτων ζῴων.* Außerdem gibt es Fragmente zweier unechten Werke *Ζωϊκά* und *Περὶ θηρίων*, s. Heitz a. O. S. 171 ff.; Rose, Aristoteles pseudepigraphus, Leipzig 1863, S. 276 ff.

[6] Ed. E. H. F. Meyer, Nicolai Damasceni de plantis, Leipzig 1841.

[7] Heitz a. O. S. 162 ff., Rose a. O. S. 261 ff.

[8] Hauptausgabe von J. G. Schneider, I—V, Leipzig 1818—21. — E. H. F. Meyer, Geschichte der Botanik I—II, Königsberg 1854—58. Lenz, Botanik der alten Griechen und Römer, Gotha 1855. Ausgezeichnet Bretzl, Botanische Forschungen des Alexanderzuges, Leipzig 1903. — Theophrast setzt eine ziemlich umfangreiche botanische Spezialliteratur voraus.

ein längeres Fragment[1] *Περὶ λίθων*, das allerlei Steine, auch Edelsteine, und Erdarten beschreibt.

6. Diese Höhe der beschreibenden Naturwissenschaft ist im Altertum nicht wieder erreicht, geschweige denn überschritten worden. In den folgenden Jahrhunderten wurde im Interesse der Landwirtschaft über Obst- und Weinbau, Bienenzucht und dgl. fleißig gearbeitet.[2] Aber sonst gab es nur Kompilationen, wie das Buch Dorions *Περὶ ἰχθύων*,[3] oder Auszüge aus Aristoteles, wie den Vogelkatalog des Dichters Kallimachos (O. Schneider, Callimachea, II, Leipzig 1873, S. 290 ff.)[4] und die *Περὶ ζῴων ἐπιτομή* des Grammatikers Aristophanes von Byzantion.[5] Der Geschmack für das Absonderliche und Wunderbare, der für diese Literatur so verhängnisvoll wird, zeigt sich schon stark bei Alexandros von Myndos, der in der Folgezeit viel benutzt wurde.[6] Der König Ptolemaios II hatte eine Liebhaberei für exotische Tiere und sammelte für teures Geld einen zoologischen Garten in Alexandria (Diodor III 36, 3); eine gefährlichere Liebhaberei war die des pergamenischen Königs Attalos III, der allerlei Giftpflanzen eigenhändig kultivierte (Plutarch, Demetr. 20). Für edle Steine, die erst nach Alexanders Zug in größerem Umfang aus Asien importiert wurden, interessierte man sich lebhaft, und es gab eine ganze Literatur darüber,[7] die bald in Aberglaube und Zauberwesen ausartete.

Aus diesem seichten Fahrwasser kam die Naturwissenschaft nicht heraus. Die römische Literatur beschäftigte sich nur damit, und zwar ohne Originalität, wo Interessen der Landwirtschaft im Spiele waren,[8] oder aus Modebewunderung für die alexandrinische Literatur[9] oder zur Vervollständigung enzyklopädischer Sammelwerke, wie bei Plinius.[10] Von den 4 Büchern *De animalibus* des Nigidius Figulus sind nur wenige kleine Fragmente erhalten.[11]

Die spärliche einschlägige Literatur verliert sich ins Anekdotenhafte, wie die 17 Bücher *Περὶ ζῴων* des Rhetors Ailianos (3. Jahrh.).[12]

Bei den Byzantinern wurde die Botanik versäumt, soweit sie nicht für Ackerbau oder Medizin Bedeutung hatte,[13] und die Mineralogie existierte

[1] Theophrasti Opp. ed. Wimmer, III (Leipzig 1862) S. 34 ff., Fragm. II; s. Diog. Laërt. V 44, wo auch ein Werk *Περὶ μετάλλων* erwähnt wird; Fragmente eines solchen sind unter seinem und des Aristoteles Namen erhalten, s. Rose a. O. S. 254 ff.

[2] Susemihl, Gesch. d. gr. Litt. in der Alexandrinerzeit, I S. 836 ff.

[3] M. Wellmann, Herm. XXIII (1888) S. 179 ff.

[4] Hat wahrscheinlich denselben literarischen Zwecken gedient als D'Arcy W. Thompson, A Glossary of greek birds, Oxford 1895.

[5] Im Auszug erhalten, ed. Sp. Lambros, Berlin 1885.

[6] Susemihl a. O. I S. 851 ff.

[7] Plinius, Nat. hist. XXXV 1: terrae ipsius genera lapidumque vel numerosiore serie plurimis singula a Graecis praecipue voluminibus tractata. Die meisten Verfasser nur dem Namen nach bekannt (Susemihl I S. 860 ff.); es gab auch Anweisungen zur Fälschung der Edelsteine (Plinius XXXVII 197).

[8] Namentlich Columella, De re rustica (VIII Hausvögel, IX Bienen, X de cultu hortorum, in Hexametern, und ein besonderes Buch De arboribus).

[9] Aemilius Macer (Ornithogonia, Theriaca, nach Nikandros) u. a.

[10] Naturalis historia (VIII Landtiere, IX Wassertiere, X Vögel, XI Insekten, besonders Bienen, XII—XVII Bäume, XVIII Getreide und Futterpflanzen, XIX—XXII Gartenpflanzen, XXIII—XXXII Arzneien aus dem Pflanzen- und Tierreich, XXXIII—XXXVII Metalle, Erdarten und Steine, besonders Edelsteine).

[11] Nigidii Figuli operum rell. ed. Swoboda S. 131—33.

[12] Ed. Hercher, Leipzig 1864. Mit Kommentar Fr. Jacobs, I—II, Jena 1832.

[13] Langkavel, Botanik der späteren Griechen, Berlin 1866.

nur als eine Geheimwissenschaft von den Zauberkräften der Metalle und Edelsteine.[1] Dagegen wurde die Zoologie etwas mehr in wissenschaftlichem Geiste getrieben. Von Timotheos aus Gaza (um 500) sind Bruchstücke eines Werks über indische Tiere erhalten,[2] und in der großen Exzerptensammlung des Konstantinos Porphyrogennetos wurde neben Ailianos und Timotheos auch der von Aristophanes aus Byzanz gemachte Auszug benutzt.[3] Von einigem Interesse sind auch die Fachschriften über Falkenjagd und Hundezucht.[4] Daneben gab es auch eine volkstümliche Literatur mit einem Zug ins Märchenhafte. Kosmos (Indicopleustes) gibt kurze Beschreibungen (mit Abbildungen) von Tieren (auch Fabeltieren) Indiens, vom Pfefferbaum und Kokusnuß (B. XI S. 318 Winstedt, mit Taf. XI—XIV). Um 1300 beschrieb Manuel Philes in 2 Gedichten den Elefanten und allerlei andere Tiere, wirkliche und phantastische.[5] An dem Volksbuch des Physiologus mit seinen Wundergeschichten zehrte dann jahrhundertelang das Mittelalter und seine Kunst in Europa und Vorderasien.[6]

VII. Medizin

Hecker, Geschichte der Heilkunde, I—II, Berlin 1822—29.

K. Sprengel, Versuch einer pragmatischen Geschichte der Arzneikunde, I⁴ (von Rosenbaum besorgt, nur bis zur pragmatischen Schule), Leipzig 1846.

Daremberg, Histoire des sciences médicales, I—II, Paris 1870.

H. Haeser, Lehrbuch der Geschichte der Medicin und der epidemischen Krankheiten, I³, Jena 1875.

Puschmann, Geschichte des medicinischen Unterrichts, Leipzig 1889.

Zuverlässige Texte wird erst das im Erscheinen begriffene *Corpus medicorum Graecorum* schaffen. Verzeichnis der vorhandenen Hss. Diels, Berl. Ak. Abh. 1905—6.

1. Schon in den homerischen Gedichten stehen die anatomischen Kenntnisse und die Chirugie auf einer ziemlich hohen Stufe.[7] Die Verwundungen aller Art werden in der Ilias nüchtern und sachkundig beschrieben und ganz rationell behandelt, offenbar für ein Publikum, das Bescheid weiß und ordentlichen Bescheid vom Dichter verlangt, in angenehmem Gegensatz zu den wenig sachgemäßen Imitationen der Aeneis und den Übertreibungen und Bravaden mittelalterlicher Epen. Die Helden verstehen selbst Wunden zu behandeln,[8] aber es gibt schon Berufsärzte,[9] und sie

[1] Typisch Psellos *Περὶ λίθων δυνάμεως* bei Ideler, Physici et medici Graeci minores I (Berlin 1841) S. 244 ff.

[2] M. Haupt, Opuscula III (1876) S. 274 ff.

[3] Sp. Lambros (oben S. 90 Anm. 5), Supplementum Aristotelicum I (Berlin 1885); darin auch Fragmente des Timotheos. V. Rose, Anecdota II (Berlin 1870) S. 1 ff.

[4] Ein *Ἱεροσοόφιον* eines Demetrios in Herchers Aelian II (Leipzig 1866) S. 333 ff., ein *Ὀρνεοσόφιον* ebd. S. 517 ff., ein anderes S. 575 ff. und ein *Κυνοσόφιον* ebd. S. 585 ff.

[5] Poetae bucolici et didactici, Paris 1862 (3. Abt.); ebd. Verse von ihm über einige Pflanzen und den Seidenwurm; auch ein kleines anonymes Gedicht *Περὶ βοτανῶν*, 2. Abt. S. 173 ff.

[6] Krumbacher, Gesch. d. byz. Lit.² S. 874 f.

[7] Daremberg, La médecine dans Homère, Paris 1865.

[8] Il. V 112, 694; XIII 598. XI 829 ff. wird es mit der Abwesenheit der Aerzte motiviert, wie Idomeneus XIII 213 sie gerufen hat, weil er seinen verwundeten Kameraden verlassen hat. Machaon und Podaleirios sind Kämpfer und Aerzte zugleich; ihre Kunst haben sie von ihrem Vater Asklepios geerbt (Il. II 731 f., *ἀμύμονος ἰητῆρος* IV 194, XI 518); dieser hat *φάρμακα* von Cheiron bekommen (IV 219).

[9] Auch die Götter haben ihren Arzt, Paieon (Il. V 401, 899 f.; neben Apollon genannt bei Hesiodos, Fragm. 194 Rzach); die Aerzte sind *Παιήονος γενέθλης* (Od. IV 232). Wanderärzte als *δημιοεργοί* kennt die Odyssee (XVII 382 ff.).

sind sehr geschätzt,[1] Die Wunden werden, wie natürlich, meist chirurgisch behandelt, aber Arznei ist nicht unbekannt,[2] wenn auch nur auswendig gebraucht; nur die vielen *φάρμακα*, sowohl *ἐσθλά* als *λυγρά*, die Ägypten hervorbringt und die Einwohner als kundige Ärzte zu benutzen verstehen, müssen zum inwendigen Gebrauch sein; denn das *φάρμακον νηπενθές*, das Helena daher mitgebracht hat, wird im Wein eingenommen.[3] Eine abergläubische Kur (*ἐπαοιδῇ δ' αἷμα κελαινὸν ἔσχεθον*) kommt nur einmal vor (Od. XIX 457).[4] Bei Arktinos[5] werden Chirurgie und Medizin getrennt, indem es heißt, daß Machaon die leichteren Hände bekommen, um Pfeile auszuziehen und das Messer zu gebrauchen, während Podaleirios innere Schäden entdeckt und heilt. Von einer solchen Trennung ist später nichts zu verspüren; die Tätigkeit des Arztes wird mit *τέμνειν καὶ καίειν* (zum Blutstillen) als in erster Linie chirurgisch bezeichnet,[6] aber Solon spricht von den *ἤπια φάρμακα* der Ärzte, die *Παιῶνος πολυφαρμάκου ἔργον* verstehen.[7] Ein oft reproduziertes Vasenbild[8] des Sosias (etwa 500) stellt Achilleus dar, der dem verwundeten Arm des Patroklos einen Verband anlegt; sowohl der Verband selbst als seine Handhabung ist völlig sachgemäß dargestellt. Aus ungefähr derselben Zeit haben wir zuverlässige Nachrichten von einem Arzt Demokedes aus Kroton, wohin die Pythagoreer ionische Wissenschaft gebracht hatten. Er war von Kroton ausgewandert, praktizierte erst mit Glück auf Aigina zwei Jahre lang, im zweiten öffentlich angestellt mit einer Besoldung von 1 Talent, dann 1 Jahr in Athen mit 100 Minen Gehalt, darauf bei Polykrates auf Samos für 2 Talente. Bei der Eroberung von Samos kommt er als Kriegsgefangener nach Susa, heilt den verrenkten Fuß des Dareios und wird königlich belohnt. Herodotos, der dies und das spätere Schicksal des Demokedes erzählt (III 129 ff.), erwähnt dabei gelegentlich, daß der Perserkönig bisher ägyptische Ärzte um sich gehabt hatte, was gut zum Lobe der Odyssee stimmt (IV 231: in Ägypten *ἰητρὸς ἕκαστος ἐπιστάμενος περὶ πάντων ἀνθρώπων*), und daß die Krotoniaten damals als die besten Ärzte in Griechenland galten, die Kyrenaier als die zweitbesten (III 131); die Geschichte zeigt, wie verbreitet die Sitte schon war, Ärzte von Staats wegen zu berufen, und daß sie von außen hergeholt werden mußten.

Wie weit das Mutterland, wenigstens teilweise, hinter dem aufgeklärten Ionien zurückgeblieben war, zeigt am besten der Standpunkt des Pindaros

[1] Il. XI 514: *ἰητρὸς γὰρ ἀνὴρ πολλῶν ἀντάξιος ἄλλων.*

[2] Die Aerzte sind *πολυφάρμακοι* Il. XVI 28. Agamede, Tochter des Augeias, kennt alle *φάρμακα* XI 740 f. Achilleus hat *ἤπια φάρμακα* von Cheiron gelernt; sie werden, um Schmerz zu stillen, auf die Wunde gelegt (IV 190) oder gestreut (IV 219). XI 846 ff. wird eine bittere Wurzel in der Hand gerieben und auf die Wunde gelegt, um Blutung und Schmerz zu stillen.

[3] Od. IV 219 ff. Der *κυκεών*, den der verwundete Machaon bei Nestor genießt (Il. XI 624 ff.), und der mit heutiger Hospitalsdiät wenig stimmt (als unhygienisch schon von Platon, Polit. III 405 e, erwähnt), ist kein Medikament.

[4] Die *φάρμακα λυγρά*, wodurch Kirke die Gefährten des Odysseus verwandelt (Od. X 234 ff.), sind Zaubermittel und haben mit homerischer Medizin ebensowenig zu tun als das Gegenmittel des Hermes (ebd. 290 ff.).

[5] Scholl. Il. XI 515.

[6] Welcker, Kleine Schriften III (Bonn 1850) S. 209 ff.

[7] Solon, Fragm. XIII 57 ff. Es wird das unsichere Resultat ärztlicher Behandlung hervorgehoben.

[8] Z. B. in Baumeisters Denkmäler III Taf. XCII (zu S. 2140).

mit dem homerischen verglichen. Während Prometheus bei Aischylos (Prom. 480 ff.) sich rühmt, den Menschen, die weder Salben noch Getränke (*οὐ χριστὸν οὐδὲ πιστὸν φάρμακον*) gegen Krankheiten kannten, *κράσεις ἠπίων ἀκεσμάτων* gezeigt zu haben — Athen stand damals noch unter dem Einfluß ionischer Kultur —, nennt Pindar (Pyth. III 51 ff.) unter den Heilmitteln, die Asklepios gebracht hat, in erster Linie die *μαλακαὶ ἐπαοιδαί* und erst danach Medizin und Operation.[1]

Die wissenschaftliche Behandlung der Medizin ist denn auch eine Schöpfung der kleinasiatischen Griechen, und die älteste medizinische Literatur, die wir auf griechischem Boden kennen, ist in ionischem Dialekt geschrieben; die Leute, die so scharf beobachteten, wie die homerischen Gleichnisse zeigen, und rationell und frei dachten, waren eben dazu wie geschaffen, einen festen Grund zu legen für eine *τριβὴ μετὰ λόγου*, wie die ärztliche Kunst einmal mit einem sehr glücklichen Ausdruck bezeichnet wird.[2] Auch die oben erwähnte Schule in Kroton ist von Ionien ausgegangen; sie hängt zusammen mit Pythagoras aus Samos, der um 530 nach Kroton übersiedelte, und der Vater des Demokedes war nach Suidas, ehe er dahin kam, Asklepiospriester in Knidos und ohne Zweifel Arzt wie sein Sohn. Dieser Schule gehörte Alkmaion,[3] der zuerst einen *φυσικὸν λόγον* geschrieben haben soll, worin auch *ἰατρικά* behandelt waren; wir haben Äußerungen von ihm über Zeugung und besonders über die Sinne und das Gehirn, dessen Bedeutung er erkannt hat. Kroton, die Stadt der Athleten, gab einen günstigen Boden für die Ärzte ab; die Trainierung erforderte eine streng geregelte Diät. Schon im V. Jahrh. hatte der bei Platon öfters genannte Herodikos aus Selymbria Regeln dafür gegeben (*μείξας γυμναστικὴν ἰατρικῇ*, Platon, Polit. III 406 *a*).[4]

Die Ärzte waren in Schulen organisiert, die z. T. aus Familien bestanden, wo die Kunst sich vom Vater auf den Sohn vererbte, und ursprünglich an die Asklepiostempel geknüpft waren; Asklepios galt als ihr Stammvater. Eine solche Schule gab es auf der Insel Kos, wo ein berühmtes Asklepiosheiligtum von Alters her bestand. Der erhaltene Eid dieser Schule gibt über die Organisation und die gesunden Grundsätze des Berufs gute Auskunft. Wer in die Zunft aufgenommen werden will, muß schwören bei Apollon, Asklepios, Hygieia und Panakeia, daß er seinen Lehrer gleich seinen Eltern ehren und, wenn nötig, unterstützen will; die Söhne des Lehrers soll er als seine Brüder betrachten und auf Wunsch in der Kunst unterrichten ohne Honorar; sonst darf er keinem ärztlichen Unterricht geben außer seinen eigenen Söhnen und solchen Schülern, die *νόμῳ ἰητρικῷ* vereidigt und in die Zunft aufgenommen sind. Seine Kunst soll er nach Kräften zum Besten der Kranken ausüben; tödliche Gifte soll er keinem aushändigen, auch nicht Mittel zu Vertreibung der Leibesfrucht; Operationen

[1] Dazwischen steht *γυίοις περάπτων πάντοθεν φάρμακα*. Die Scholien scheinen an Salben u. dgl. zu denken; näher liegt es, Amulette (*περιάμματα*) zu verstehen.

[2] Hippokrates, *Παραγγελίαι* 1.

[3] Wachtler, De Alcmaeone Crotoniata, Leipzig 1896. Diels, Vorsokr.[3] I S. 131 ff. Er hat das Studium der Anatomie durch Sektionen von Tieren begründet.

[4] Er betrachtete als Ursache aller Krankheiten die *περισσώματα* der Nahrung, die nicht durch entsprechende Bewegung und Arbeit verarbeitet sei (Menonpap. IV 40 ff.).

an Steinleidenden darf er nicht unternehmen, sie sind den Spezialisten vorbehalten. Seine Stellung darf er nicht zur Verführung von Frauen, Knaben oder Sklaven mißbrauchen, und was er in seiner Praxis erfährt, soll er als Geheimnis behandeln.

2. Was man später von älterer medizinischer Literatur in ionischem Dialekt besaß, ging schon in Aristoteles' Schule unter dem Namen des Hippokrates von Kos, der schon für Platon[1] und Aristoteles (Politic. 1326*a* 15) der große Vertreter der ärztlichen Kunst ist. Nach einer erhaltenen Biographie, die z. T. auf Soranos zurückgeht, daneben aber auch manche willkürliche Kombination enthält, war er 459 geboren[2] und erreichte ein hohes Alter; als Wanderarzt besuchte er Griechenland und Makedonien; sein Grab zeigte man in Thessalien in der Nähe von Larissa, und man erzählte, daß im Grabdenkmal ein Bienenschwarm hauste, dessen Hònig die Ammen gegen Aphtha der Wickelkinder mit Erfolg benutzten.[3] Daß in Bezug auf die ihm zugeschriebenen Werke große Unsicherheit herrschte, hat die literargeschichtliche Forschung des Altertums sich nicht verhehlt,[4] und in der Tat ist das *corpus Hippocraticum* sehr bunt; es stehen nebeneinander die wertvollsten Sachen und Minderwertiges, Schriften konsequenter Empiriker, die alle philosophische Theorie scharf bekämpfen, und halb sophistische Erzeugnisse, die eben solche Theorien vortragen, Werke, die sich an ein literarisches Publikum wenden, und Aufzeichnungen für die Schule oder zum Privatgebrauch, auch Schriften der mit der koischen Schule rivalisierenden knidischen.[5] Mit Sicherheit nachzuweisen, was von alledem Hippokrates selbst geschrieben hat, ist noch nicht gelungen. Was Platon (Phaidr. 270*c* f.) von Hippokrates sagt (daß er gelehrt habe, man könne die Natur des Körpers nicht erkennen ohne Kenntnis *τῆς τοῦ ὅλου φύσεως*), ist zu vieldeutig, um einen sicheren Ausgangspunkt abzugeben; auf den ersten Blick könnte es sogar darauf deuten, daß Platon die mehr naturphilosophischen Schriften für echt hippokratisch hielt, während man jetzt allgemein gerade die empirischen für den großen Begründer der gesunden Empirie in Anspruch nehmen möchte.[6] Aristoteles scheint die Sophistenrede *Περὶ φυσῶν* für hippokratisch gehalten zu haben,[7] und die ähnliche Epideixis *Περὶ φύσιος ἀνθρώπου* wollten viele, u. a. Galenos, ganz oder teilweise dem Hippokrates oder seinem Schwiegersohn Polybos vindizieren.[8] Glücklicherweise tut diese Unsicherheit dem hohen Wert und Interesse dieser Schriften keinen Abbruch; zusammen geben sie ein klares Bild der Strömungen und der Errungenschaften der ärztlichen Kunst des

[1] Protag. 311*b*: *τὸν τῶν Ἀσκληπιαδῶν*; ebenso Phaidr. 270*c*.

[2] Westermann, Biogr. (Braunschweig 1845) S. 449 ff., nach Histomachos im ersten Jahr der 80. Olympiade; wenn dann folgt: *ὡς δὲ Σωρανὸς ὁ Κῶος ἐρευνήσας τὰ ἐν Κῷ γραμματοφυλακεῖα προστίθησι, μοναρχοῦντος Ἀβριάδα μηνὸς Ἀγριανοῦ κζ΄*, muß die Urkundenforschung des Soranos dasselbe Jahr ergeben haben.

[3] Biogr. 3.

[4] Biogr. 4: *περὶ δὲ τῶν συγγραμμάτων αὐτοῦ πολλὴ γέγονε διαφωνία κτλ.* Galenos diskutiert sehr oft Echtheitsfragen; aber natürlich kann die antike Kritik für uns nicht maßgebend sein.

[5] Beste Ausgabe von Littré, Paris 1849—61. Neubearbeitung angefangen von Kühlewein, I—II, Leipzig 1894—1902 (wird nicht fortgesetzt).

[6] C. Fredrich, Hippokratische Untersuchungen, Berlin 1899.

[7] Anonymi Londinensis ex Aristotelis Iatricis Menoniis et aliis medicis eclogae, ed. Diels, Berlin 1893, V 35 ff.

[8] Ebd. VI 42 ff.; Fredrich a. O. S. 51.

V. Jahrh. und fügen ein schönes Blatt zum Ehrenkranz des griechischen Geistes.[1]

Von den (über 50) im *corpus Hippocraticum*[2] vereinigten Schriften sind besonders hervorragend die chirurgischen. *Περὶ τῶν ἐν κεφαλῇ τρωμάτων* gibt nach einem Überblick über den Knochenbau des Kopfes eine äußerst sachgemäße Beschreibung der verschiedenen Beschädigungen desselben, namentlich durch Waffen, und ihrer Behandlung; u. a. wird Trepanation und Absägen benutzt (Kap. 21). Die zusammengehörenden[3] Abhandlungen *Περὶ ἀγμῶν* und *Περὶ ἄρθρων ἐμβολῆς* handeln in ebenso mustergültiger Weise eingehend von allen möglichen Arten von Knochenbrüchen und Verrenkungen und ihrer Heilung; sie zeugen von einer ausgedehnten Erfahrung, offenbar z. T. im Gymnasion erworben, und berücksichtigen mit der größten Sachkenntnis auch seltnere Fälle, wie die Verschiebung der Wirbel des Rückgrats (*Περὶ ἄρθρ.* 46; eine treffliche Beschreibung des Rückgrats wird vorausgeschickt Kap. 45). Weniger bedeutend sind die kurzen Aufsätze *Περὶ ἑλκῶν* (über Behandlung von Wunden sowohl mit Pflastern als chirurgisch), *Περὶ συρίγγων* (über Mastdarmfisteln), *Περὶ αἱμορροΐδων* (die weggebrannt oder weggeschnitten werden, aber auch medizinisch behandelt; es wird dabei ein *κατοπτήρ, speculum ani*, benutzt) und *Περὶ ὄψιος* (über Behandlung einiger Augenkrankheiten, u. a. des Staars, meist durch Ätzung).[4] *Περὶ ἄρθρ.* II wird eine Abhandlung *περὶ ἀδένων* versprochen, und eine solche (nicht bedeutende) findet sich im Corpus; aber Galenos XVIII[1] 379 bezeichnet sie mit Recht als später. Kurze Anweisungen für chirurgische Behandlung im allgemeinen gibt das kleine, für die Schule bestimmte Kompendium *Κατ' ἰητρεῖον* in einem knappen Lapidarstil, den wir in mehreren Abhandlungen treffen; sie scheinen zum Auswendiglernen bestimmt, als kurze „Erinnerungsworte" des im Unterricht Vorgetragenen. Einem ähnlichen Zweck müssen die berühmten *Ἀφορισμοί* gedient haben, kurze praktische Anweisungen und prognostische Beobachtungen, verschiedene Gebiete der Heilkunde betreffend. Der bekannte sprichwörtliche erste Aphorismus *ὁ μὲν βίος βραχύς, ἡ δὲ τέχνη μακρή*, ist ein würdiges Motto für die koische Schule, die alle philosophische Hypothesen verschmähend nur auf Erfahrung und geduldiger Beobachtung der Natur bauen wollte. Der empirische Standpunkt wird gegen naturphilosophische Spekulation energisch verteidigt in der vortrefflichen Schrift *Περὶ τῆς ἀρχαίης ἰητρικῆς*. Manche *ἰητροὶ καὶ σοφισταί* behaupten, heißt es dort (Kap. 20), der Arzt müsse wissen, „was der Mensch ist, wie er ursprünglich gebildet, und woraus er zusammengesetzt ist", aber solche allgemeine Theorien, wie z. B. die des Empedokles, sind in der Heilkunde unbrauchbar, wie auch die willkürlichen Hypothesen, die alle Krankheiten auf eine einzige Ursache zurückführen, „das Warme oder Kalte, das Feuchte oder Trockne", oder was ihnen sonst einfällt (Kap. 1). Gewiß soll der Arzt die Natur kennen, aber individuell, wie jeder Stoff auf den einzelnen wirkt (Kap. 20), und das lehrt nur die Erfahrung des Arztes;

[1] Vgl. Gomperz, Gr. Denker[3] I 221 ff.

[2] Sämtlich aufgezählt von Gossen bei Pauly-Wissowa VIII 1801 ff.; ebd. 1846 ff. über die unechten Briefe und andere unter Hippokrates' Namen erhaltene Sachen.

[3] *Περὶ ἄρθρ.* 67 u. 72 verweist auf *Περὶ ἀγμ.* 31 u. 13 als Aussagen des Verfassers. Ein Exzerpt aus beiden ist der *Μοχλικός*.

[4] Vgl. Hirschberg, Geschichte d. Augenheilkunde I (Leipzig 1899) S. 61 ff.

wer diesen erprobten Weg verläßt, um neuen Theorien zu folgen, „ist betrogen und trügt sich“ (Kap. 2). Die diesen Grundsätzen entsprechende Praxis der koischen Ärzte lernen wir kennen in den alten Büchern (I u. III)[1] der *Ἐπιδημίαι*; es sind Krankenjournale einer dreijährigen Praxis, wesentlich auf Thasos, die für die Öffentlichkeit nicht bestimmt waren. Neben allgemeinen Bemerkungen über das herrschende Klima geben sie eine Reihe von Krankengeschichten, die sorgfältig von Tag zu Tag jede Änderung im Zustand des Patienten notieren. Auch die übrigen Bücher der *Ἐπιδημίαι* (II, IV—VII) haben diesen Charakter von Privatnotizen und enthalten viele Krankengeschichten, z. T. sehr interessante, meist aus Thrakien, Makedonien und Thessalien, doch auch einige aus dem eigentlichen Griechenland. Eine Ordnung des Stoffes ist nicht zu erkennen, und die Sprache ist zuweilen bis zur Unverständlichkeit gekürzt, besonders im II. Buch, das Galenos XVII[1] 314 treffend charakterisiert als wesentlich verschieden vom I. Buch *διὰ τὴν ἀσάφειαν καὶ συντομίαν καὶ τὴν τῶν πραγμάτων ποικιλότητα*; wegen der Unordnung und des Mangels an Zusammenhang bezeichnet er es richtig als ein Notizbuch zum Privatgebrauch.[2] V 95 wird die Belagerung von Datos (wohl durch Philipp von Makedonien) erwähnt. Im VII. Buch ist manches aus dem V. wiederholt. In den im I. Buch geschilderten Fiebern erkennt man die Malaria des Südens. Auch die Diphtherie wird gut beschrieben, und die oft dabei eintretende Lähmung (erst 1860 festgestellt) ist richtig beobachtet; es ist bezeichnend für die Sorgfalt der Diagnose, daß bemerkt wird, eine Gehirnaffektion liege nicht vor (II 2, 8; vgl. Littré X S. III ff.).

Von der Würde ihres Berufs haben diese Ärzte eine sehr hohe Vorstellung. Zwei besondere Abhandlungen, die vielleicht erst aus dem IV. Jahrh. stammen, aber jedenfalls der hippokratischen Schule gehören, *Περὶ ἰητροῦ* und *Περὶ εὐσχημοσύνης*, geben genaue Vorschriften für das Auftreten des Arztes zu Hause und am Krankenbett, und das verwandte Schriftchen *Παραγγελίαι*[3] schärft den Unterschied zwischen dem wahren Arzt, der als *ἰσόθεος* bezeichnet wird, und dem Charlatan im Betragen ein. Der Arzt soll bescheiden leben, einfach gekleidet und nicht auffällig parfümiert sein; seine Patienten soll er häufig besuchen und freundlich zureden; über Geldgier soll er erhaben sein, namentlich vor der Kur über das Honorar nicht verhandeln, weil ein solches Feilschen den Kranken ängstigt; im Notfall soll er bereit sein, auch unentgeltlich zu helfen. Gegen Ärzte, die auf *δημοειδὴς κιβδηλίη* aus sind und durch Gewaltkuren dem Laienpublikum imponieren wollen (*ἐκχαυνοῦν τὸν πολὺν ὄχλον*) fällt in *Περὶ ἄρθρων ἐμβολῆς* gelegentlich manch scharfes Wort (Kap. 42, 44, 70, 78); Kap. 35 spottet bei Besprechung des Nasenbruchs über *οἱ χαίροντες τῇσι καλῇσι ἐπιδέσεσιν ἄνευ νόου*; die künstlichen Verbände sind ein paar Tage lang der Stolz des Arztes und die Freude des Patienten; aber dieser hat sie bald satt, und der Arzt muß sich damit begnügen gezeigt zu haben, daß er einen kunstfertigen Verband an einer Nase anlegen kann; Heilung hat er nicht erzielt.

[1] Das III. Buch folgte ursprünglich unmittelbar auf das I., s. Kühlewein I S. 214 zu Z. 16; vgl. Galen. VII 855.

[2] Als Beispiel diene der Ausruf II 2, 16: *Ἡράκλεις, ὥδεε τοῦ κακοῦ ὀγδοαίῳ*, wozu Galenos XVII[1] 347 bemerkt: *ἀσαφὴς ὁ λόγος διὰ τὸ μήτε τὴν ἰδέαν τοῦ κακοῦ μήτε τοῦ νοσήματος εἰπεῖν.*

[3] Alle drei bei Littré IX 198—273.

Auch nach einer anderen Seite hin mußten die ionischen Ärzte ihre Kunst verteidigen: gegen den Aberglauben. Das geschieht mit besonderer Kraft in der wundervollen Schrift *Περὶ ἱερῆς νόσου* (Epilepsie).[1] Der Verfasser wird nicht müde einzuschärfen, daß die Epilepsie nicht heiliger oder göttlicher sei als jede andere Krankheit; sie entstehe nach denselben Naturgesetzen als alle andere unter dem Einfluß von Kälte, Sonne und Winden; diese Ursachen sind allerdings göttlich, und so kann man mit demselben Rechte alle Krankheiten sowohl göttlich als menschlich nennen. Die Vorstellung von der „Göttlichkeit“ ist aufgebracht von solchen Leuten wie die *μάγοι* und *καθάρται*, die sich besonderer Frommheit und höherer Weisheit rühmen und durch mystische Vorschriften, Reinigungen und Beschwörungen zu heilen vorgeben; genest der Kranke zufällig, kommen sie in Ruf, daß sie mit ihren Künsten auf die Gottheit wirken können, was in Wahrheit Gotteslästerung ist; stirbt er, sind sie unschuldig daran, da sie ihm keine Medikamente u. dgl. gegeben haben; die Götter haben es nicht gewollt. Oder die „Göttlichkeit“ ist erfunden von Betrügern, die Geld verdienen wollen und deshalb durch allerlei Hokuspokus die Krankheit so fürchterlich und mystisch als möglich machen. Der Verfasser beschreibt die Epilepsie ganz naturgemäß und sucht ihre Ursache im Gehirn, dessen Bedeutung für das Seelenleben er stark hervorhebt, indem er die traditionelle Vorstellung von dem Zwerchfell (*αἱ φρένες*) als Sitz des Verstandes bekämpft. Eine schöne Folge dieser nüchternen Denkweise ist es, daß die Hippokratiker Geisteskranke ohne jede abergläubische Angst durch körperliche Mittel behandeln.[2]

Derselbe rationalistische Geist herrscht in der ebenso vortrefflichen und interessanten Schrift *Περὶ ἀέρων ὑδάτων τόπων*,[3] die vom Einfluß des Klimas und des Trinkwassers auf den Körper handelt und neben verfrühten Theorien viele ausgezeichnete Beobachtungen vorbringt, z. B. über die Makrokephalen in Kolchis, die Einwohner in Phasis und die Sauromaten in Südrußland.[4] Unter der Hand des Verfassers erweitert sich sein Thema zu einer Völkerpsychologie, indem er auch die geistige Einwirkung der Naturverhältnisse und sogar der Staatsverfassung mit berücksichtigt; die Einwohner Europas setzt er weit über die Asiens.

Von dem Aberglauben, mit dem die ionischen Ärzte zu kämpfen hatten, bekommt man ein erschreckendes Bild durch die Inschriften im Asklepieion zu Epidauros,[5] worin die Klienten sich für die Hilfe des Heilgottes bedanken und ihre Krankheitsgeschichten erzählen; sie strotzen von den albernsten Wunderkuren, und ein liebenswürdiger Zug, wie daß der Gott einem armen Sklaven einen zerbrochenen Krug wieder heil macht (Nr. 3339 Z. 79 ff.), kann mit dem geschäftsmäßigen Priesterbetrug nicht versöhnen.

[1] Sonderausgabe mit Uebersetzung und Kommentar von F. Dietz, Lipsiae 1827. Vgl. Wilamowitz, Berl. Ak. Sbb. 1901, 1 ff.

[2] Nasse, De insania commentatio secundum libros Hippocraticos, Bonn 1829. Thomée, Historia insanorum apud Graecos, Bonn 1830.

[3] Handliche Ausgabe mit kritischem Apparat und der alten lateinischen Uebersetzung von G. Gundermann, Bonn 1911 (Kleine Texte).

[4] Der Abschnitt über Aegypten und Libyen ist leider verloren (cap. 13).

[5] Samml. gr. Dialekt-Inschriften III 151 ff. Vgl. Wilamowitz, Isyllos von Epidauros, Philol. Unters. IX, Berlin 1886.

Unter den Kenntnissen und Fähigkeiten, worüber die ionischen Ärzte verfügten, sind, wie natürlich, ihre physiologischen Theorien die schwächsten. Die Schriftensammlung zeigt verschiedene Stufen der Humoralpathologie.[1] Die später als echt hippokratisch geltende und daher auf lange Zeit einflußreiche Lehre von den vier den Elementen entsprechenden Säften (Blut, *φλέγμα* oder Schleim, gelbe Galle in der Leber, schwarze Galle in der Milz) wird ausführlich unter lebhafter Polemik gegen die ältere Naturphilosophie dargestellt in dem ersten Teil von *Περὶ φύσιος ἀνθρώπου* (capp. 1—8), den manche im Altertum dem Schwiegersohn des Hippokrates, Polybos, zuschrieben.[2] Die ganze Schrift, wozu auch *Περὶ διαίτης ὑγιεινῆς* gehört, ist, wie schon Galenos erkannte (XV 10), eine Zusammenklitterung verschiedener Stücke.[3] Die kleine Schrift mit dem Titel *Περὶ χυμῶν*, deren Ursprung im Altertum umstritten war (Galen. XVI 1 ff.), handelt nur zum geringsten Teil von den „Säften"; es ist eine lose Sammlung von Notizen in Aphorismenstil, meist aitiologisch, z. T. aus anderen Schriften der Sammlung exzerpiert.

Etwas besser steht es mit den anatomischen Kenntnissen. Das Knochengerüst kennt der Verfasser von *Περὶ ἄρθρων ἐμβολῆς* und *Περὶ ἀγμῶν* ziemlich genau, und auch in anderen Schriften finden sich richtige Beschreibungen davon, so in *Περὶ τόπων τῶν κατὰ ἄνθρωπον* (cap. 6), wo sonst Verschiedenartiges nebeneinander steht, u. a. eine Beschreibung der Adern (cap. 3); ähnliche stehen auch in anderen Schriften, wie *Ἐπιδημίαι* II 4, 1, *Περὶ φύσιος ἀνθρώπου* 11, *Περὶ ἱερῆς νόσου* 3 und in der Kompilation *Περὶ ὀστέων φύσιος*.[4] In dieser findet sich eine Ahnung vom Kreislauf des Blutes, indem von der Hauptader, wovon alle andere ausgehen, gesagt wird: *καὶ αὕτη μὲν μίη ὅθεν ἤρκται καὶ ᾗ τετελεύτηκεν, οὐκ οἶδα· κύκλου γὰρ γεγενημένου ἀρχὴ οὐχ εὑρέθη* (cap. 11). Aber die richtige Auffassung des Unterschieds zwischen Arterien und Venen (*φλέβες*) findet sich nicht einmal in *Περὶ καρδίης*, einem Werkchen, das an anatomischer Einsicht am höchsten steht im ganzen Corpus, aber wahrscheinlich nicht koischen Ursprungs ist.[5] Sein Verfasser hat den Bau des Herzens an menschlichen Leichen untersucht (cap. 10 beschreibt er *τὴν καρδίην ἀποθανόντος*), während die Hippokratiker vor Sezierung von Menschen Scheu trugen; sie müssen sich mit den Einblicken begnügen, die schwere Verwundungen gelegentlich gewähren. Bezeichnend ist in dieser Beziehung eine Äußerung wie diese in der Beschreibung des Verlaufs einer Ader: *ὅποι δὲ ἐντεῦθεν, οὔπω οἶδα* (*Περὶ ὀστέων φύσιος* cap. 10). Eine Obduktion wird erwähnt in *Ἐπιδημ.* V 26. Auch einfache Experimente kommen vor. Zum Beweis, daß beim Frieren die feineren Teile des Wassers verschwinden, wird ein Topf mit einem bestimmten Maß Wasser zum Erfrieren hin-

[1] C. Fredrich, Hippokr. Unters. S. 13 ff.

[2] Menonpapyrus XIX 2 ff., Galen. XV 11.

[3] Fredrich a.O. 51 ff. Kritische Ausgabe von O. Villaret, Göttingen 1911 (Diss.).

[4] Ueber das Verhältnis dieser Beschreibungen unter sich s. Fredrich 57 ff., daselbst auch über das unbedeutende *Περὶ ἀνατομῆς* und das späte *Περὶ σαρκῶν*.

[5] Wellmann, Fragmentsammlung der griech. Aerzte I (Berlin 1901) 94 ff. Ed. Unger, Lugd. Bat. 1923. Es kommt darin sogar ein Ansatz zu Vivisektion vor (an Schweinen, cap. 2). Um die Ursache der Epilepsie zu erklären, wird festgestellt, daß bei entsprechender Erkrankung der Schafe und Ziegen ihr Gehirn feucht und stinkend ist (*Περὶ ἱερ. νούσ.* 11).

gestellt und nach dem Auftauen ein Schwund festgestellt (*Περὶ ἀέρ.* 8). Um die Entwicklung des menschlichen Foetus durch eine Analogie aufzuhellen, werden 20 Eier zum Bebrüten hingelegt und dann vom zweiten Tag ab täglich eins geöffnet (*Περὶ φύσιος παιδίου* 29). Die Verteilung des Bluts im Körper, die Folgen seiner Erhitzung und das Nichtausfließen des Wassers bei Hydrops wird ebenfalls experimentell erläutert *Περὶ νούσων* IV 39, 49, 51.

Wenn die Praxis der koischen Ärzte unzweifelhaft viel Gutes gestiftet hat trotz dem Mangel an Kenntnissen, die heutzutage als unentbehrlich gelten, liegt das erstens an der klugen Vorsicht ihres Heilverfahrens. Im Vertrauen auf die Heilkraft der Natur[1] wollen sie ihr nur helfen diese zu entfalten, indem sie die Hindernisse aus dem Wege räumen.

Da sie als blutstillendes Mittel nur das glühende Eisen kennen, gehen sie tieferen Eingriffen und blutigen Operationen aus dem Wege. Entsteht bei einer Verwundung der kalte Brand, warten sie ruhig ab, daß das Glied bis zu einem Gelenk absterbe, und schneiden dann vorsichtig das tote Fleisch ab; „so etwas ist schlimmer anzusehen als zu heilen, und eine sanfte Behandlung genügt für alle solche Fälle“, heißt es kaltblütig (*Περὶ ἄρθρ.* 69). Von ihren ungefährlichen Operationen ist das Wegbrennen von Hämorrhoiden schon erwähnt (S. 95). Mastdarmfisteln, die sich noch nicht durchgefressen haben, werden aufgeschnitten (vgl. eb.). Bei Pleuritis wird ein Einschnitt zwischen den Rippen der linken Seite gemacht, wodurch der Eiter ausfließen kann; nachher wird ein Streifen ungebleichter Leinwand eingelegt, um den stetigen Abfluß zu bewerkstelligen (*Περὶ νούσων* II 47 u. s.). Wo starke Blutung nicht zu befürchten war, schrak man selbst vor kühnen Operationen wie der Trepanation nicht zurück (oben S. 95). Aderlaß, gewöhnlich am Arm, wird häufig benutzt, bei heftiger Pleuritis sogar bis zur Ohnmacht. Wie aus gelegentlichen Erwähnungen hervorgeht, verfügten die Ärzte über ein ziemlich wohl versehenes Besteck und eine reiche Auswahl von Verbänden (über diese vgl. die genauen Vorschriften *Κατ' ἰητρ.* 9 ff.).

Zweitens wurden die Mängel der physiologischen und anatomischen Kenntnisse einigermaßen aufgewogen durch die unerreichte Vertrautheit mit dem nackten Körper; wenn man einen Menschen auf der Palästra sich entkleiden und sich üben sieht, ist es nicht schwer, sich über seinen Gesundheitszustand klar zu werden, heißt es einmal (*Περὶ διαίτης* I 2); aber man muß dabei alle Sinne zur Hilfe nehmen (*Κατ' ἰητρ.* 1). Es finden sich denn auch Diagnosen, die durch ihre Feinheit Staunen erregen, wie z. B. der Geräusche in der Brust bei Lungenoedem, die durch Auskultation diagnostiziert werden (*Περὶ νούσων* II 61). Bei der Pneumonie dient hierbei als Hilfsmittel die Schüttelung des Patienten (*succussio Hippocratis*, *Περὶ νούσων* II 47 u. s.). Auf die Prognose wird großes Gewicht gelegt (vortrefflich begründet *Προγνωστ.* 1), und die Hauptschrift *Προγνωστικόν* enthält eine Fülle ausgezeichneter Beobachtungen, wie z. B. die berühmte *facies Hippocratea* (cap. 2), die als sicheres Sterbenszeichen gilt, wenn sie nicht zufällig durch Schlaflosigkeit, Diarrhoe oder Hunger veranlaßt ist.

[1] *νούσων φύσιες ἰητροί*, Epidem. VI 5, 1.

In diesem Buch findet sich auch die Lehre von den kritischen Tagen bei Fiebern (cap. 20). Hierher gehören auch die zwei Bücher *Προρρητικά*, die nichts miteinander zu tun haben und ganz verschiedenen Ursprungs sind. Buch I enthält Notizen zum Privatgebrauch, z. T. in Journalform mit Anführung der Namen der Patienten und durch Frageform angedeutetem Zweifel; Buch II dagegen, das die Prognose chronischer Krankheiten gibt, ist für die Öffentlichkeit bestimmt und rührt von einem Arzt her, der mehrere Schriften herausgegeben und mit Kollegen diskutiert hat (7, 9, 21, 4). Das I. Buch hat mit den *Κωακαὶ προγνώσεις* manche Berührung, einer Kompilation aus verschiedenen Quellen, die mit Hippokrates nichts zu tun hat.

Mit Medizin gehen die Hippokratiker sehr sparsam um; dagegen legen sie auf die Diät das größte Gewicht. Außer *Περὶ διαίτης ὑγιεινῆς* (oben S. 98) enthält die Schriftensammlung drei Werke[1] darüber, die wenig bedeutende Abhandlung *Περὶ τροφῆς* in Aphorismenstil, *Περὶ διαίτης ὀξέων*, worin nach einer Einleitung über die Wichtigkeit der Diät (1—9) die *πτισάνη* (Gerstengrütze) als *ῥόφημα* empfohlen wird und ihre Anwendung geregelt, worauf eine kurze Besprechung der diätetischen Wirkung verschiedener Weine und anderer Getränke, auch von Bädern, folgt,[2] und drittens das interessante Werk *Περὶ διαίτης* in drei Büchern, woran ein viertes *Περὶ ἐνυπνίων* sich anschließt;[3] es ist wahrscheinlich um 400 in Kleinasien verfaßt von einem belesenen Manne, der die ältere Philosophie, besonders Herakleitos, Archelaos und Anaxagoras, aber auch Herodikos (S. 93), nicht ohne Selbständigkeit benutzt (Buch I); Buch II behandelt eingehend die einzelnen Nahrungsmittel, ihren Wert und Wirkung auf den Körper, auch die Wirkungen von Leibesübungen; Buch III gibt diätetische, nach den Jahreszeiten spezialisierte Regeln sowohl für solche, die arbeiten müssen, als für solche, die mehr Sorgfalt auf ihre Gesundheit anwenden können. Der Grundgedanke, daß die Gesundheit auf Gleichgewicht zwischen Nahrung und geleisteter Arbeit beruhe, ist dem Herodikos entnommen.[4] Der durch Träume gestörte Schlaf (Buch IV) gehört zu den Anzeichen einer Störung des Gleichgewichts; der Verfasser gibt zu, daß es gottgesandte Träume gebe und empfiehlt für solche das Beten, sogar mit Angabe der betreffenden Götter (cap. 89); die seien Sache der Traumdeuter; wenn diese aber sich auch mit solchen Träumen abgeben, die aus körperlichen und seelischen Zuständen entstehen, sind sie folgenschweren Irrtümern ausgesetzt; hier genügt das Beten nicht; man muß selbst das seinige hinzutun (87). Die angeführten Träume sind einem Traumbuch entnommen; sie kehren bei Artemidoros wieder (Fredrich 209 ff.).

In der Einleitung zu *Περὶ διαίτης ὀξέων* werden die Verfasser der *Κνίδιαι γνῶμαι* getadelt, weil sie manches Wichtige nicht behandelt haben, u. a.

[1] Ohne selbständigen Wert ist der kleine Aufsatz *Περὶ ὑγρῶν χρήσιος*, der nur Exzerpte aus den Aphorismen enthält. Aehnliche Auszüge aus erhaltenen Schriften des Corpus sind *Περὶ κρισίμων*, *Περὶ γυναικείης φύσιος* und *Περὶ κρισίων*.

[2] Ein Anhang über Fieber und andere akute Krankheiten mit kurzen diätetischen Angaben ist nicht zugehörig.

[3] Fredrich, Hippokr. Unters. 81—230

[4] Menonpapyrus IX 20 ff.

die Diät, und weil sie Variationen desselben Übels für selbständige Krankheiten hielten (capp. 1—3). Aber trotz dieser polemischen Haltung der koischen Kollegen finden sich im *corpus Hippocraticum* einige Schriften, die mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit der knidischen Schule zugeschrieben werden können.[1] Sie hängt mit der süditalisch-sikelischen, von Alkmaion ausgehenden Schule (S. 93)[2] zusammen; ihr Stifter war Euryphon, der die Hauptursache der Krankheiten in mangelhafter Verdauung sah (Menonpap. IV 31 ff.); er war ein älterer Zeitgenosse des Hippokrates (Soranos bei Westermann, Biogr. S. 450), von Galenos (II 900, XV 136) als Anatom gelobt. Er hatte besonders über Frauenkrankheiten geschrieben, und was Soranos daraus anführt (I 35, II 85), steht in dem Werke *Γυναικεῖα* I—II und dem damit zusammenhängenden *Περὶ ἀφόρων* der hippokratischen Sammlung, die ausführlich über Krankheiten des Uterus, schwierige Geburten und Unfruchtbarkeit handeln.[3] Mit diesen Schriften hängen wieder zusammen *Περὶ φύσιος παιδίου*, eine weitschweifige Beschreibung der Entwicklung des Foetus, beleuchtet durch Analogien aus dem Pflanzen- und Tierreich, und die Einleitung dazu *Περὶ γονῆς* (von der Verpflanzung). Knidisch sind ferner *Περὶ παθῶν*, eine für Laien bestimmte Uebersicht über Krankheiten, ihre Ursachen und Behandlung nebst einer summarischen Diätetik, und *Περὶ τῶν ἐντὸς παθῶν*, ausführliche Beschreibung von Krankheiten der inneren Organe mit Angabe der Kur und sehr detaillierten Vorschriften für die Diät. Auch die vier Bücher *Περὶ νούσων* sind knidisch, aber von verschiedenen Verfassern, Buch IV wahrscheinlich von demselben, der *Περὶ γονῆς* und *Περὶ φύσιος παιδίου* geschrieben hat;[4] es ist eine physiologische Pathologie mit vielen Experimenten und empirischen Analogien. Buch III gehört mit der bis auf wenige Fragmente nur in zwei mittelalterlichen lateinischen Übersetzungen erhaltenen Abhandlung *Περὶ ἑβδομάδων* zusammen, die nach einer phantastischen Auseinandersetzung über die Rolle der Siebenzahl in allen Sphären in ziemlich naiver Weise die Analogie der Krankheiten zu den Zuständen des Weltganzen nachweisen will.[5]

Die knidische Schule, die sich von der koischen namentlich durch ihre Verkennung der Funktion des Gehirns sowie durch naturphilosophische Neigungen unterscheidet, ist auch mit Medikamenten verschwenderischer als jene (vgl. Galen. XI 795). Wenn auch eine sachkundige Untersuchung[6] ermittelt hat, daß die Rezepte fast immer einen für den Zweck förderlichen Stoff enthalten, erschrickt man doch über die sehr zusammengesetzten

[1] Schon von Galenos bemerkt, VII 960; XVI 3.

[2] Wachtler, De Alcmaeone Croton. S. 90 ff.

[3] Von Geburtshilfe handelt auch *Περὶ ἐπικυήσιος*, von unnatürlicher Lage des Foetus, die zuweilen dessen Tötung notwendig macht, die kurze Bemerkung *Περὶ ἑγκατατουῆς ἐμβρύου*. Eine Einleitung zu den Büchern über die Frauenkrankheiten ist die kurze Notiz *Περὶ παρθενίων*. Die zusammengehörigen Aufsätze *Περὶ ἑπταμήνου* und *Περὶ ὀκταμήνου* diskutieren die Lebensfähigkeit von 7- und 8-Monats-Foetus. Von Kinderkrankheiten handelt *Περὶ ὀδοντοφυίας*.

[4] Fredrich a. O. S. 48. Auch gewisse Teile von *Περὶ τόπων τῶν κατ' ἄνθρωπον* zeigen Berührungen mit Euryphon (Wellmann, Pauly-Wissowa VI 1342 f.).

[5] Ilberg, Gr. Studien H. Lipsius dargebr., Leipzig 1894, S. 22 ff. Roscher, Die Hebdomadenlehren, Leipzig 1906, S. 44 ff.

[6] Kobert, Historische Studien aus dem Pharmakol. Institute der kais. Universität Dorpat, Halle a/S. 1889, S. 58 ff.

Mixturen der knidischen Schriften, worin oft die wunderlichsten und unappetitlichsten Sachen verwendet werden.

Wie berührt, kommen in der Schriftensammlung nicht nur populäre Arbeiten von Sachkundigen vor (oben S. 101), sondern auch ein paar rhetorisch-sophistische Vorträge. Der bedeutendste ist *Περὶ τέχνης*, dessen Inhalt genügend bezeichnet wird durch den Titel, den der neueste Herausgeber, Th. Gomperz,[1] ihm gegeben hat: die Apologie der Heilkunst, bei aller Sophistik geschickt und interessant geschrieben. Inhaltlich geringer, aber formell nicht ohne Reiz, ist die Rede *Περὶ φυσῶν*, die auf den Theorien des Diogenes von Apollonia fußend sich über die Allgewalt der Luft (*πνεῦμα*), auch als Krankheitsursache, verbreitet.[2]

Die schon erwähnte, einflußreiche süditalisch-sikelische Schule, die mit der Elementenlehre des Empedokles wirtschaftet und von Alkmaion entscheidende wissenschaftliche Anregung bekommen hat, besonders für Anatomie und Physiologie, ist im Anfang des IV. Jahrh.s durch Philistion aus Lokroi vertreten. Seine Lehre von den Krankheitsursachen (besonders Störung des Gleichgewichts von Wärme und Kälte im Körper und der *εἰσπνοή*, woran der ganze Körper teilnimmt) ist erhalten im Menonpapyrus XX 25 ff.[3] Von dieser Schule beeinflußt ist der bedeutende Arzt Diokles aus Karystos, „der neue Hippokrates“, wie die Athener ihn nannten, nach Galenos (XIV 683) Nachfolger des Meisters als Vorsteher der koischen Schule; er hat über alle Gebiete der Heilwissenschaft geschrieben und wird oft zitiert.[4] In der Frage nach dem Sitz der Seele, worin die koische und die sikelische Schule auseinandergehen, folgt er der Ansicht der letzteren, die das Herz als Sitz der Seele betrachten.[5] Ihn hat Aristoteles benutzt, wo er auf Medizinisches zu sprechen kommt, während Platon wesentlich auf Philistion fußt (im „Timaios“). Von Diokles abhängig ist der Hauptvertreter der koischen Schule im IV. Jahrh. Praxagoras von Kos, der den verhängnisvollen Irrtum aufbrachte, die Arterien führten nicht Blut, sondern *πνεῦμα* (Galen. IV 707, VIII 941); die Bedeutung des Gehirns hat er ganz verkannt (Galen. III 671 f.).

Die Berücksichtigung der medizinischen Literatur von seiten der maßgebenden Philosophen[6] des IV. Jahrh.s ist ein Beweis des hohen Standpunkts der Heilkunde und ein Zeugnis ihrer Einschätzung bei Gebildeten; in Platons „Symposion“ erscheint der Arzt Eryximachos in bester athenischer Gesellschaft und hält eine geistreiche Rede über den Eros nach medizinischer Theorie. Der Knidier Ktesias, der über persische Ge-

[1] Ed. 2, Leipzig 1910.

[2] Ilberg, Studia Pseudippocratea, Lipsiae 1883. Kritische Ausgabe von Nelson, Uppsala 1909.

[3] Einige Fragmente bei Wellmann, Fragmentsamml. d. gr. Aerzte I S. 109 ff.

[4] Wellmann eb. S. 117—207. Ebenda S. 208 ff. ist ein doxographisches Fragment des Vindicianus kritisch veröffentlicht, das viel über die Ansichten des Diokles bringt. Eine andre wertvolle Quelle ist die von Fuchs (Rh. Mus. XLIX 532 ff.) herausgegebene anonyme Doxographie. Seine höchst verständigen Vorschriften für eine gesunde Lebensweise bei Wellmann fr. 141—42.

[5] Andere hielten das Zwerchfell für ihren Sitz, s. Wellmann a. O. S. 16.

[6]) Poschenrieder, Die platonischen Dialoge in ihrem Verhältnisse zu den hippokratischen Schriften, Landshut 1882, und: Die naturwissenschaftlichen Schriften des Aristoteles in ihrem Verhältnis zu den Büchern der hippokratischen Sammlung, Bamberg 1887.

schichte schrieb, ist bei Xenophon (Anab. I 8, 27) als Hofarzt des Perserkönigs Artaxerxes Mnemon erwähnt. Auch sonst sind aus dem V.—IV. Jahrh. mehrere Namen von Ärzten und Notizen über ihre Lehre überliefert, teils bei Galenos (u. a. XIV 683), teils in dem schon erwähnten Londoner Papyrus, der auf die *Ἰατρικά* Menons, eines Schülers des Aristoteles (Galen. XV 26), zurückgeht. Aber wesentliche Fortschritte können wir erst bei der alexandrinischen Schule[1] zu Anfang des III. Jahrh.s feststellen, deren Führer die hervorragenden Ärzte Herophilos von Chalkedon und der etwas jüngere Erasistratos von Keos waren.

Herophilos war Schüler des Praxagoras, berichtigte aber in schonender Weise seine Lehre durch eigene Untersuchungen,[2] wie er überhaupt auf genauer Beobachtung baute. Besonders hat er die Anatomie gefördert, unterstützt durch die Vorurteilsfreiheit der ersten Ptolemaier, die nicht nur Sezierung menschlicher Leichen gestatteten,[3] sondern sogar Verbrecher lebend zur Verfügung der Ärzte gestellt haben sollen.[4] Seine Haupttat auf diesem Gebiete war die Entdeckung der Nerven, die man bisher unter dem Namen *νεῦρα* (den er übrigens beibehielt) mit Sehnen zusammengeworfen hatte. Den Bau des Gehirns und des Auges hatte er vortrefflich beschrieben, die Drüsen und die Genitalien untersucht und durch richtige Auffassung der Tätigkeit des Herzens die Pulslehre begründet.[5] Den Puls benutzte er im Dienste der Diagnose und Prognose, worauf er großes Gewicht legte. Er war ein Freund von Arzneien, die er *χεῖρες θεῶν* nannte,[6] wußte aber auch die Diät zu schätzen. Auch über Geburtshilfe hatte er geschrieben; überhaupt war er auf fast allen Gebieten der Heilkunde mit Erfolg tätig. In der Aitiologie hielt er an der hippokratischen Humoralpathologie fest; für seine Schätzung des Hippokrates ist es bezeichnend, daß er mehrere von dessen Schriften kommentiert hat, allerdings nicht ohne Kritik. Diese Tätigkeit wurde fortgesetzt in seiner Schule, die noch zur Zeit des Galenos blühte; ein *διδασκαλεῖον Ἡροφιλείων ἰατρῶν* in Syrien erwähnt Strabon XII 580.

Erasistratos,[7] Sohn des Leibarztes des Königs Seleukos Nikator, Kleombrotos (Plinius, Nat. hist. VII 123), war in Antiochia aufgewachsen und hatte umfassende Studien gemacht in Athen bei den Peripatetikern, in der Schule des Praxagoras auf Kos und bei dem Knidier Chrysippos (dem jüngeren), der in Alexandria wirkte als Hofarzt des Ptolemaios II;[8] er betont energisch die Notwendigkeit eines gründlichen Studiums, *εἰ μέλλοι μὴ πολλὰ τῶν κατ' ἰατρικὴν χωλεύειν*, und spricht schön und treffend von

[1] Susemihl, Geschichte der gr. Litteratur in der Alexandrinerzeit I (Leipz. 1891) S. 777 ff., worauf ich für die Belege verweise.

[2] Galen. VII 584 f., VIII 723 f.

[3] Galen. II 895.

[4] Celsus I prooem. 23. Sein Hauptwerk *Ἀνατομικά* zitiert Galenos öfters wörtlich. Vgl. den Menonpap. XXI 21 ff., XXVIII 46 ff.

[5] Besondere Schriften *Περὶ ὀφθαλμῶν* und *Περὶ σφυγμῶν*. Hauptstelle über seine Pulslehre Galen. VIII 592 ff.; sie wurde später wegen ihrer übertriebenen *subtilitas* aufgegeben (Plinius, Nat. hist. XI 219).

[6] Galen. XII 966.

[7] Vgl. Wellmann, Pauly-Wissowa VI 333 ff.

[8] Wilamowitz, Antigonos von Karystos, Berlin 1881, S. 325 f. Er hatte seiner Dankbarkeit seinem Lehrer gegenüber Ausdruck gegeben (Diogenes Laert. VII 186) und in der Tat manches von ihm übernommen.

der Unermüdlichkeit dessen, der *συνήθης τῷ ζητεῖν* ist.[1] Er führte einerseits die Untersuchungen des Herophilos über das Gehirn, das Herz und die Nerven weiter, entdeckte den Unterschied zwischen Bewegungs- und Empfindungsnerven und die Chylosgefäße.[2] Andererseits ging er in vielen Punkten andere Wege als sein großer Vorgänger; den Gebrauch von Medikamenten beschränkte er aufs äußerste und zog die Ptisane und diätetische Maßregeln vor;[3] auch mit dem Aderlaß war er sehr sparsam;[4] die Humoralpathologie verwarf er;[5] in seiner Physiologie war er von der Atomlehre Demokrits beeinflußt, hielt aber an der Lehre des Praxagoras von den pneumaführenden Arterien fest und erdachte eine scharfsinnige Hypothese (von *συνανασταμώσεις* zwischen den Arterien und den Venen), um zu erklären, daß bei Einschnitten in den Arterien dennoch Blut ausfließt;[6] dieser Irrtum verhinderte ihn an der Entdeckung des Blutumlaufs, die ihm sonst nahelag. Seine Schule, die anfangs von den Herophileern in den Schatten gedrängt wurde, wenigstens, wie es scheint, in Alexandreia, bestand weiter neben der des Herophilos.

Neben diesen beiden Führern ist unter den alexandrinischen Ärzten ihr jüngerer Zeitgenosse Eudemos[7] zu nennen, der als Anatom bedeutend war und namentlich an der Ausbildung der Lehre von den Nerven und Drüsen sich beteiligte.

Die neugewonnenen anatomischen Kenntnisse benutzten die alexandrinischen Ärzte der Folgezeit zur Ausbildung einer Operationslehre, die auch vor kühnen Eingriffen nicht zurückwich; Celsus (VII prooem. 3) nennt mehrere Namen solcher Chirurgen. In Alexandrien wurde auch die Lehre von Giften und giftigen Tieren systematisch ausgebildet, besonders von Apollodoros, dessen Werke *Περὶ θηρίων* und *Περὶ θανασίμων φαρμάκων* dem Nikandros das Material lieferten für seine abstrusen Gedichte *Θηριακά* und *Ἀλεξιφάρμακα* und für alle späteren Iologen eine Hauptquelle blieben.[8]

Von der Schule des Herophilos ging die der Empiriker aus, die sich um allgemeine Theorien, um Anatomie und Physiologie wenig kümmerten, dagegen viel auf Medikamente gaben und darüber schrieben; ihre von Herophilos her übernommene Hochschätzung des Hippokrates gab sich darin Ausdruck, daß sie seine Werke um die Wette mit den Herophileern kommentierten.[9] Die Schule wurde von Philinos und Serapion begründet;[10] sie wurde im I. Jahrh. neu belebt durch den bedeutenden Arzt Herakleides von Tarent, der aus der Schule des Herophilos hervorgegangen sich ihr anschloß,[11] wenn auch mit einigem Vorbehalt. Sein

[1] Ein längeres Zitat bei Galenos *Περὶ ἠθῶν* (ed. Iw. Müller, Lipsiae 1891) S. 16 ff. In seinen späteren Jahren lebte er nur für seine Wissenschaft (Galen. V 602).

[2] Auch hier war Herophilos vorangegangen (Galen. III 335 f.). Erasistratos beobachtete sie durch Vivisektion an neugeborenen Ziegen (Galen. IV 718 f.).

[3] Galen. XI 236 ff. u. ö.

[4] Galen. XI 147 f., 199 ff. u. ö.

[5] Galen. V 104 u. ö.

[6] Galen. III 537 ff., IV 707.

[7] Galen. XV 134, XVIII 1 7, IV 646, VIII 212. Andere Aerzte aus dieser und der nächstfolgenden Zeit bei Susemihl I 780 ff., 812 ff.

[8] Die Fragmente des Apollodoros in O. Schneiders Ausgabe von Nikandros (Nicandrea, Lipsiae 1856) S. 188 ff. Er lebte im Anfang des III. Jh.s.

[9] Galen. XVI 196. Ihre Lehre Galen. I 65 ff., 87 ff., XIV 678 ff.

[10] In der zweiten Hälfte des III. Jh.s. Vgl. Galen. XIV 683, Celsus I prooem. 10.

[11] Galen. a. O.. Er bekämpfte die Pulslehre des Herophilos, Galen. VIII 726.

Lehrer, der Herophileer Mantias, hatte besonders über Arzneien geschrieben, und auch Herakleides war hauptsächlich auf diesem Gebiete tätig und schrieb drei pharmakologische Werke,[1] die Galenos sehr lobt und benutzt (XI 794 f., XII 989, XIII 717); auch in seiner Diätetik folgte er seinem Lehrer (Galen. XIII 462). Außer therapeutischen Werken schrieb er Kommentare zu allen hippokratischen Schriften (Galen. XVI 196). Von einem wenig jüngeren Empiriker Apollonios von Kition (um 50 v. Chr.) ist ein Kommentar zu *Περὶ ἄρθρων* erhalten, der dadurch besonders interessant ist, daß das Verfahren durch Illustrationen verdeutlicht ist (mit diesen herausgegeben von H. Schöne, Leipzig 1896). Unter den Schriften des Herakleides gab es auch ein Buch über giftige Tiere (*Θηριακά*, Galen. XIV 6 f., vgl. 186), und dieser Zweig der Medizin erfreute sich im I. Jahrh. des nicht uneigennützigen Interesses mehrerer Fürsten; bekannt ist die Beschäftigung des Königs Mithridates mit diesen unheimlichen Dingen (Plinius, Nat. hist. XXIV 5—7; Galen. XIV 2, wo auch Attalos III von Pergamon genannt ist). Er interessierte sich überhaupt für Medizin und Medikamente, und sein Leibarzt Krateuas hat ein Kräuterbuch für ihn verfaßt (*Ῥιζοτομικόν*), das mit Abbildungen von medizinisch wichtigen Pflanzen versehen war. Diese sind in einige Hssn des Dioskurides übernommen, dessen Hauptwerk *Περὶ ὕλης ἰατρικῆς* ihn stark benutzt. Von Dioskurides, der unter Claudius Militärarzt war, gibt es auch eine Schrift *Περὶ ἁπλῶν φαρμάκων*.[2]

Überhaupt herrscht noch im I. Jahrh. in der Medizin ein reges Leben, aber nicht so sehr in der wissenschaftlichen Forschung als in der Praxis. Hierzu war ohne Zweifel der Einfluß Roms mitwirkend.

Der erste griechische Arzt, der nach Rom kam (im J. 219), war der peloponnesische Chirurg Archagathos; der Senat stellte ihm eine Bude zur Verfügung, und er hatte anfangs großen Zuspruch; aber bald erregte er durch seine Operationen (*saevitia secandi urendique*) bei dem unwissenden Publikum Anstoß als ein „Schlächter“ (*carnifex*).[3] Der alte Cato warnt in seinem bäuerischen Mißtrauen seinen Sohn vor diesen Griechen, die geschworen haben, alle „Barbaren“, die Römer mit eingerechnet, durch ihre Medizin zu vergiften, und sich noch dazu bezahlen lassen.[4] Plinius, der mit diesem Bericht eine Deklamation[5] gegen die Ärzte, ihre künstlichen Medikamente und hohen Honorare einleitet, meint, daß Cato „*non rem, sed artem*“ verwerfe; er habe selbst einfache Mittel, um sich und den Seinigen die Gesundheit zu erhalten. Die kennen wir aus seinem Büchlein *De agri cultura*; sein Universalmittel, das sogar den Krebs heilt, *quod medicamentum facere non potest*, ist Kohl,[6] und gegen Beinbrüche schreibt

[1] Allerdings mit mancher Wiederholung, Galen. XIII 725 ff.

[2] Dioscurides ed. M. Wellmann, I—III, Berolini 1907—14. Die Fragmente des Krateuas eb. III S. 139 ff., die seiner andern Hauptquelle, des römischen stoisch-pythagoreischen Philosophen Sextius Niger eb. S. 146 ff. Vgl. Wellmann, Krateuas, Gött. Abh., Berlin 1897.

[3] Plinius, Nat. hist. XXIX 12—13 nach Cassius Hemina.

[4] Seine köstlichen Worte sind erhalten bei Plinius XXIX 14 und Plutarch, Cato mai. 23.

[5] XXIX 15—28, vgl. 7—11. Er wirft ihnen auch Verführung vornehmer Damen vor (eb. 20).

[6] Cap. 156—157. Andere Hausmittel eb. 158—159.

er verschiedene alberne Beschwörungsformeln vor.[1] Nach Plinius[2] haben nur sehr wenige Römer sich mit dieser Kunst abgegeben, und selbst sie sind „sofort zu den Griechen übergelaufen“. Wir kennen doch mehrere Ärzte römischer Herkunft, aber in der älteren Zeit waren sie meist Sklaven oder Freigelassene; noch Antonius Musa, Arzt des Augustus, war ein Freigelassener (Dion Kass. LIII 30, 3), und Cicero findet den ärztlichen Beruf nur für solche *honestum, quorum ordini convenit* (De off. I 151). Eine selbständige medizinische Literatur gibt es bei den Römern nicht, aber in den enzyklopädischen Werken wie Varros *Disciplinarum libri IX* (im VIII. Buch)[3] und der *Naturalis historia* des Plinius findet auch Heilkunde und Arzneilehre einen Platz; auch das Beste, was bei den Römern über Medizin vorliegt, das Buch des A. Cornelius Celsus (1. Jahrh.),[4] ist nur Teil einer Enzyklopädie, und der Verfasser ist kein Fachmann; aber er benutzt gute Quellen, die er in angenehmer Sprache wiedergibt, und hat viele wichtige Nachrichten uns erhalten, besonders über Chirurgie.

Unter diesen Umständen waren die Römer auf griechische Ärzte angewiesen, die sie bei der Ausartung der Zivilisation und des großstädtischen Lebens immer mehr nötig hatten;[5] Caesar gab ihnen Bürgerrecht,[6] und Augustus machte nicht nur mit den Ärzten eine Ausnahme, als er wegen Kornmangels einmal alle *peregrini* aus Rom auswies,[7] sondern gewährte auch allen Ärzten für immer *ἀτέλεια*, dem Antonius Musa zu Ehren.[8] Es wurden überall Ärzte öffentlich angestellt, auch besonders für das Heer und die Gladiatoren; einige davon bekamen später den Titel *archiatri*. Die angeseheneren bekamen ungeheure Honorare.[9] Unter den vielen griechischen Ärzten, die durch die Aussicht auf Gold und Ehren nach Rom gelockt wurden, befanden sich natürlich auch schlechte Elemente, die den Spott und die Vorwürfe des Plinius und anderer Schriftsteller der Zeit verdienten; bedenklich war schon die Menge der Spezialärzte für alle möglichen Krankheiten, und an Charlatanen und unwissenden Pfuschern war kein Mangel; auch Fälschung der Heilmittel ging im Schwange.[10]

Selbst an einem nicht unbedeutenden Mann wie Asklepiades, der mit Cicero und Crassus verkehrte (De orat. I 62) und einen Ruf des Mithridates ablehnte, um in Rom bleiben zu können, sind starke Spuren der Charlatanerie nicht zu verkennen.[11] Er war ursprünglich Rhetor, verlegte sich aber auf die einbringendere Tätigkeit als Arzt, schrieb eine Reihe

[1] Cap. 160.
[2] XXIX 17.
[3] Auch in seinen Büchern *De re rustica* kommt gelegentlich Medizinisches vor; I 2, 27 wird über Zauberformeln gegen Krankheit gespottet.
[4] Neueste Ausgabe von F. Marx, Lipsiae et Berol. 1915. Vgl. J. Ilberg, NJb. XIX (1907) 377 ff. M. Wellmann, A. Cornelius Celsus, eine Quellenuntersuchung, Berlin 1913.
[5] Bei Quintilianus VII 1, 38 wird als Thema die Frage aufgegeben, wer dem Staate am nützlichsten sei, der Redner, der Philosoph oder der Arzt.
[6] Suetonius, Caes. 42.
[7] Suetonius, Aug. 42.
[8] Dion Kass. LIII 30, 3.
[9] Marquardt-Mau, Das Privatleben der Römer², Leipzig 1886, II 771 ff.
[10] Friedlaender, Sittengesch. Roms⁵, Leipzig 1881, I 298 ff.
[11] Plinius weiß viel von solchen Zügen zu erzählen (VII 124, XXVI 14 ff.). Vgl. Celsus II 6, 15. Freilich will Wellmann (NJb. XXI 684 ff.) die Verurteilung bei Plinius als Verwechslung mit dem Methodiker Thessalos erklären, der notorisch ein Charlatan war (Galen. X 250 ff.).

medizinischer Werke und wurde in Rom sehr geschätzt.[1] In der Anatomie gab er sich Blößen,[2] aber sonst war er auf den meisten Gebieten der Heilkunde zu Hause. Sehr verdienstlich war seine Bestrebung, den übertriebenen Gebrauch von Medikamenten zu beschränken[3] und sie durch vernünftige Diät und einfache, schmerzlose Mittel zu ersetzen.[4] In seiner Diätetik, u. a. seiner Empfehlung des Weins,[5] nahm er die Lehre eines alexandrinischen Arztes des III. Jahrh.s, Kleophantos, wieder auf. In seiner physiologischen Theorie schloß er sich an die Atomlehre Epikurs an, jedoch in etwas modifizierter Gestalt;[6] eine Sonderexistenz der Seele leugnete er.[7]

Seine Physiologie bildete sein Schüler (Galen. XIV 684) Themison weiter aus, der den gemeinsamen Grund aller Krankheiten in der *ἀραίωσις* und *στέγνωσις* der Poren sah[8] und diese Lehre von den *κοινότητες* pedantisch durchführte. Er war Stifter der methodischen Schule, die in den ersten Jahrhunderten n. Chr. sehr verbreitet war. Unter ihren vielen Anhängern war der bedeutendste Soranos aus Ephesos (Anfang des 2. Jahrh.s). Von seinen zahlreichen Schriften, die von echt wissenschaftlichem Geiste zeugen, ist nur wenig im Original erhalten.[9] Hervorragend waren seine Arbeiten über Frauenkrankheiten, wovon sowohl ein byzantinischer Auszug als eine frühmittelalterliche lateinische Übersetzung vorliegt.[10] Ein Hauptwerk von ihm, über akute und chronische innere Krankheiten,[11] ist von Caelius Aurelianus (5. Jahrh.) ins Lateinische übersetzt.[12] Er hatte auch grammatische Studien getrieben und hatte Interesse für die Geschichte seines Fachs; aus seinen *Βίοι ἰατρῶν* ist seine Hippokratesbiographie erhalten.[13]

Soranos wirkte in Rom; aber auch in Alexandria, wo das medizinische Studium, das Ptolemaios VII Physkon um die Mitte des II. Jahrh.s unterdrückt hatte (Athenaios IV 184^c), wieder aufgeblüht war, gab es einen Zweig der methodischen Schule; daher stammt wahrscheinlich der Verfasser des in dem oben öfters erwähnten Londoner Papyrus erhaltenen Auszugs aus Menons doxographischem Werk (Wellmann, Hermes LVII 396 ff.).

Mit ihrer Bekämpfung des Mißbrauchs von Medikamenten drangen die Methodiker nicht durch; im 1. Jahrh. gab es eine blühende pharmakologische Literatur. Einer ihrer Hauptvertreter war Asklepiades der jüngere, *ὁ φαρμακίων* genannt, der in einem Werk von 10 Büchern innere

[1] Plinius XXVI 12—13.

[2] Galenos III 467, wo er ihn *ἀλαζὼν ἀνήρ* nennt.

[3] Celsus III 4, 2; V prooem. 2.

[4] Plinius XXVI 13 f. Die Forderung *tuto celeriter iucunde* stammt von ihm (Celsus III 4, 1).

[5] Doch nicht unbedingt, Celsus III 14, 1. *ὁ οἰνοδότης* heißt er im Menonpap. XXIV 30. Plinius XXVI 14 sieht hierin ein überlegtes Mittel, um Patienten zu ködern.

[6] Zeller, Die Philosophie d. Gr.^{4}, Leipzig 1909, III^1 569 ff. Caelius Aurel., De morb. acut. I cap. 14.

[7] Caelius Aurelianus, De morb. acut. I 115.

[8] Celsus I prooem. 54 ff., Galen. X 35.

[9] Ideler, Physici et medici Graeci minores, Berolini 1841, I 248 ff.

[10] Ed. V. Rose, Lipsiae 1882. Sie geben für Geburtshilfe und Kinderpflege eingehende Anweisungen und enthalten manche Nachrichten von kulturgeschichtlichem Interesse.

[11] Die Unterscheidung von akuten und chronischen Krankheiten geht auf Asklepiades und Themison zurück (Caelius Aurel., De morb. acut. III 89, V praef. 3).

[12] Ed. J. C. Amman, Amstelaedami 1709.

[13] Westermann, *Βιογράφοι*, Brunsvigae 1845, S. 449 ff.

und äußere Heilmittel aus älteren Quellen zusammenstellte und außerdem in besonderen Schriften *θηριακά* und *γυναικεῖα* (Galen. XIII 441 ff.). Es gab sogar Pharmakopoeen in Versen, u. a. von Neros Leibarzt Andromachos.[1] Auch ein lateinisches Rezeptbuch aus dieser Zeit ist erhalten, die *Compositiones* des Scribonius Largus, der unter Claudius Hofarzt war.[2] Der Verfasser versichert, die meisten Mittel selbst probiert zu haben (S. 105[26] ff.) und bekämpft in der Vorrede Asklepiades d. ä. und andere Verächter der Medikamente. Aus dem 3. Jahrh. haben wir ein Rezeptbuch in lateinischen Versen von Serenus Sammonicus.

Dem Andromachos ist ein für Hippokrates wichtiges Werk gewidmet, die *Τῶν παρ' Ἱπποκράτει λέξεων συναγωγή* des Erotianos;[3] sie gibt, selbst in der vorliegenden umgearbeiteten Gestalt, ein gutes Bild der seit Herophilos blühenden philologischen Hippokratesforschung.

Die hippokratische (dogmatische) Schule vertrat im 1. Jahrh. der hervorragende Arzt Rufos aus Ephesos. Von seinen zahlreichen Schriften, die das ganze Gebiet der Heilkunde behandelten, ist nur wenig im Original erhalten,[4] u. a. eine anatomische Abhandlung *Περὶ ὀνομασίας τῶν τοῦ ἀνθρώπου μορίων*; er wird aber öfters zitiert, besonders seine Diätetik; seine Hippokrateskommentare benutzt Galenos aus zweiter Hand;[5] er kennt auch eine Schrift *Περὶ βοτανῶν* in Hexametern.[6]

In scharfem Gegensatz zu den Methodikern stand die im 1. Jahrh. auftauchende pneumatische Schule,[7] als deren Begründer Athenaios bezeichnet wird.[8] Wie die Methodiker von Epikur beeinflußt waren, schlossen die Pneumatiker sich an die Modephilosophie des Stoizismus an, auf dessen Lehre vom *πνεῦμα* als Lebensprinzip sie ihre Physiologie aufbauten. Als bestimmend für den Zustand des Körpers bezeichneten sie die vier Qualitäten kalt — warm, feucht — trocken; wenn eine davon Überhand gewinnt, entsteht eine *δυσκρασία*, die Krankheit mit sich bringt.[9] Die Lehre von den Fiebern[10] und dem Puls[11] hatten sie besonders ausgebildet, allerdings in überfeiner Weise und mit schematischer Systematisierung. Schon früh zeigt sich in der Schule ein gewisser Eklektizismus, der bei dem bedeutendsten Vertreter Archigenes aus Apamea (unter Traian) besonders deutlich hervortritt.[12] Seine zahlreichen Werke sind verloren, aber viele Zitate bei späteren Ärzten geben über ihren Inhalt Aufschluß. Namentlich die beiden erhaltenen Werke des Aretaios aus Kappadokien (letzte Hälfte des 2. Jahrh.s), *Περὶ αἰτιῶν καὶ σημείων ὀξέων καὶ χρονίων παθῶν* und *Περὶ θεραπείας ὀξέων καὶ χρονίων παθῶν*

[1] Die Fragmente in der Didotschen Sammlung der Poetae bucolici et didactici, Parisiis 1882, S. 94 ff., mit ähnlichen Gedichten zusammen.

[2] Ed. G. Helmreich, Lipsiae 1887.

[3] Neueste Ausgabe von E. Nachmanson, Upsaliae 1918. Vgl. desselben Erotianstudien, Uppsala 1917.

[4] Gesammelt von Daremberg-Ruelle, Paris 1879.

[5] Wellmann, Hermes XLVII 4 ff.

[6] Galen. XI 796, ein Fragment XII 425.

[7] M. Wellmann, Die pneumatische Schule bis auf Archigenes, Berlin 1895.

[8] Galen. VIII 787.

[9] Galen. I 522 ff. u. s.

[10] Galen. VII 295 ff.

[11] Galen. VIII 576 ff. Wellmann a. O. S. 175 ff.

[12] Galen. XIV 684 nennt ihn *ἐκλεκτικός*, aber XII 469 weist er bei ihm eine *ἐμπειρικὴ διδασκαλία* nach. Caelius Aurelianus, De morb. acut. II 58 betrachtet ihn gar als Methodiker.

(je 4 Bücher)[1] sind von ihm abhängig, und ihm gehören die vortrefflichen Krankheitsbilder, die sie geben, u. a. die erste genaue Schilderung der Elephantiasis (De diuturn. II 13). Archigenes hatte u. a. ein viel benutztes Werk *Περὶ τῶν κατὰ γένος φαρμάκων* (2 Bücher) geschrieben,[2] worin er auch Haarfärbemittel angegeben hatte, was Galenos (XII 443) mit seiner vornehmen Damenklientel entschuldigt. Die Pneumatiker legten sonst mehr Gewicht auf Diät. Athenaios hatte über den Nahrungswert der verschiedenen Getreidearten und Brote gehandelt, für geistige und körperliche Erziehung sowie für die Lebensweise zu den verschiedenen Jahreszeiten genaue und recht verständige Vorschriften gegeben; obgleich sie das Vomieren zwei- oder dreimal im Monat für nützlich hielten, verdammt Archigenes scharf das Mode gewordene gewohnheitsmäßige Erbrechen, das nur der Schlemmerei diente (Oreibasios VIII 23; ebenso Asklepiades, Celsus I 3, 17 f.); auch über Bäder, die sie in großem Umfange benutzten, haben die Pneumatiker eingehende Untersuchungen angestellt.[3] In der Chirurgie leisteten sie ebenfalls Bedeutendes; von Leonidas aus Alexandreia und Antyllos sind bei späteren Ärzten viele vortreffliche Anweisungen für Operationen überliefert,[4] und auch unter den Schriften des Archigenes wird eine *Σύνοψις τῶν χειρουργουμένων* aufgeführt.[5] Ferner hat er über giftige Tiere und Pharmaka geschrieben; diese Schrift ist Hauptquelle für Philumenos *Περὶ ἰοβόλων ζῴων καὶ τῶν ἐν αὐτοῖς βοηθημάτων*[6] und für eine Kompilation *Περὶ ἰοβόλων θηρίων καὶ δηλητηρίων φαρμάκων*, die man früher ohne Grund dem alexandrinischen Arzt Ailios Promotos (unter Hadrian) zuschrieb.[7] Von diesem gibt es eine noch nicht herausgegebene Rezeptensammlung (*Δυναμερόν*) und ein spätes Exzerpt seiner *Ἰατρικὰ φυσικὰ καὶ ἀντιπαθητικά* (abergläubische und magische Heilmittel).[8]

Die Pulslehre eines unbekannten Markellinos wurde erst in unsrem Jahrhundert ans Licht gezogen (H. Schöne, Festschr. z. 49. Vers. d. Philologen, Basel 1907). Über Papyri medizinischen Inhalts berichtet F. E. Kind, Bursians Jahresberichte 1911, S. 132 ff.

Alle Ärzte des 2. Jahrh.s überragt, nicht so sehr durch geistige Bedeutung als durch den Umfang seiner erhaltenen Produktion, Galenos aus Pergamon (129—199).[9] Über sein Leben und seine Schriften sind

[1] Ed. C. Hude, Lipsiae et Berolini 1923. Er schreibt einen künstlichen ionischen Dialekt.

[2] Galen. XII 533 ff.

[3] Wellmann a. O. S. 201 ff.: Diätetik und Therapie.

[4] Wellmann a. O. S. 16 f. (Leonidas), S. 114 (Antyllos).

[5] Wellmann a. O. S. 21.

[6] Liegt nur in einem Auszug vor, ed. Wellmann, Lipsiae et Berolini 1908. Philumenos ist ein Kompilator ungewisser Zeit (2.—3. Jh.), von dessen Sammelwerk mehrere Zitate bei Oreibasios, Aëtios und Paulos Aiginetes vorliegen (s. Wellmann a. O. S. 126 ff.).

[7] E. Rohde, Kleine Schriften, Tübingen u. Leipzig 1901, I 380 ff.

[8] Herausgegeben von Wellmann, Berl. Ak. Sbb. 1908, 772 ff.

[9] Athenaios I 1e sagt von ihm: *τοσαῦτ' ἐξέδωκε συγγράμματα φιλόσοφά τε καὶ ἰατρικά, ὡς πάντας ὑπερβαλεῖν τοὺς πρὸ αὐτοῦ.* Wir haben lange nicht alles, was er geschrieben hat; vieles ging im J. 192 durch eine Feuersbrunst im *templum Pacis* unwiederbringlich zugrunde (XIII 362, XIX 19); einiges ist nur in arabischer oder mittelalterlicher lateinischer Uebersetzung erhalten. Die neueste Gesamtausgabe (ganz ungenügend), wonach gewöhnlich zitiert wird, ist die von Kühn, I—XX, Lipsiae 1821—23. Kritische Ausgaben einzelner Schriften: De placitis Hippocratis et Platonis, ed. Iw. Müller, Leipzig 1874. Scripta minora edd. Marquardt, Iw. Müller, Helmreich,

wir durch ihn selbst gut unterrichtet.[1] Sein Vater, der mathematikkundige Architekt Nikon, ließ ihn erst Philosophie studieren (V 41 f.), aber durch Träume veranlaßt, bestimmte er den 16jährigen Sohn für den ärztlichen Beruf.[2] Nach dem Tode des Vaters studierte Galenos Medizin in Smyrna, Korinth und Alexandreia, nahm aber 157 eine Stellung als Gladiatorenarzt in seiner Vaterstadt an. Im Jahr 161 ging er nach Rom (II 215), wo er durch einige gelungene Kuren und glückliche Prognosen großes Aufsehen erregte;[3] aber beim Ausbruch der Pest (166) kehrte er schleunigst nach Pergamon zurück (XIX 15). Marcus Aurelius wollte ihn als Hofarzt auf den geplanten germanischen Feldzug mitnehmen und berief ihn nach Aquileia; der Zug mußte aber vorläufig aufgegeben werden wegen eines neuen Ausbruchs der Pest und wegen des Todes des Luc. Verus; als Marcus Aurelius nachher den Plan wieder aufnahm, wußte Galenos zu erreichen, daß er nicht nach Germanien mitgenommen, sondern um die Gesundheit des kleinen Commodus zu überwachen zurückgelassen wurde; er erzählte dem frommen Kaiser, daß Asklepios ihm die Reise verboten habe (XIX 18 f.). Er verblieb dann in Rom bis zu seinem Tod.

Von Galenos' Schriftstellerei heißt es bei Suidas: *πολλὰ συντεταχὼς ἰατρικά τε καὶ φιλόσοφα ἔτι τε γραμματικὰ καὶ ῥητορικά, ἅτινα διὰ τὸ πᾶσιν εἶναι γνώριμα καταλέγειν ἄκαιρον ἡγησάμην ἐν τῷ παρόντι.* Hier werden nur die Hauptschriften der von Galenos selbst in *Περὶ τῶν ἰδίων βιβλίων* aufgestellten Gruppen besprochen.[4] Angefangen hat er zu schreiben schon während seiner Studienzeit in Pergamon; aus dieser Zeit stammt der kleine, für eine Hebamme geschriebeue Aufsatz *Περὶ μήτρας ἀνατομῆς* (II 887 ff.); verloren sind die beiden andern XIX 16 f. erwähnten Schriften: *Τῶν ἐν ὀφθαλμοῖς παθῶν διάγνωσις* und das Referat einer Diskussion zwischen Pelops und einem Empiriker über den Wert der Empirie. In Smyrna

I—III, Lipsiae 1884—93. *Προτρεπτικός* ed. Kaibel, Berlin 1894 (Hssn scheinen nicht mehr zu existieren). De usu partium ed. Helmreich, I—II, Lipsiae 1907—9. *Περὶ κράσεων* ed. Helmreich, Lipsiae 1904. *Περὶ λεπτυνούσης διαίτης* ed. Kalbfleisch, Lipsiae 1898. *Περὶ τροφῶν δυνάμεως* ed. Helmreich, Ansbach 1905 ff. (Progr.). F. Albrecht, An in arteriis natura sanguis contineatur, Marpurgi Chatt. 1911. H. Wagner, *Εἰ ζῷον τὸ κατὰ γαστρός*, Marpurgi Chatt. 1914 (unecht). H. Schöne, De partibus artis medicativae, Greifswald 1911, lateinische Uebersetzung aus dem 14. Jh.; ebenso De causis continentibus ed. Kalbfleisch, Marburg 1904. In Hippocratis de septimanis comm. ed. Bergstraesser, Lipsiae et Berolini 1914 (arabische Uebersetzung, unecht). Andere Hippokrateskommentare in Corpus medicorum Graecorum V 9, 1—2, Lipsiae et Berolini 1914—15 (Mewaldt, Helmreich, Westenberger, Diels, Heeg).

[1] Die Belegstellen bei Mewaldt, RE VII 578 ff. Vgl. Kühns Ausgabe I p. XXI ff. Ilberg, Aus Galens Praxis, NJb. XV 276 ff. Hauptquellen die Abhandlungen *Περὶ τῆς τάξεως τῶν ἰδίων βιβλίων, Περὶ τῶν ἰδίων βιβλίων* und *Περὶ τοῦ προγιγνώσκειν πρὸς Ἐπιγένην.*

[2] X 609, XIX 59. Als seine Hauptlehrer nennt er Satyros (in Pergamon) und Pelops (in Smyrna) XVI 524 u. s., beide Schüler des bedeutenden Anatomen Quintus.

[3] Ausführlich und selbstgefällig erzählt XIV 605 ff. (S. 619: *οἱ μὲν οὖν ἰδιῶται τῆς ἰατρικῆς τέχνης ἀκούοντες ταῦτα κοινὸν ἀγαθὸν ἡγούμενοί με τοῖς ἐν Ῥώμῃ γενήσεσθαι πάντες ἔχαιρον*, bei den Kollegen erregte er aber Neid, vgl. S. 625).

[4] Sämtliche Schriften aufgezählt bei Kühn I S. LXVII ff. Mit dem großen Namen schmückten sich auch Fälschungen (Kühn I S. CLVIII ff.), schon zu Galenos' Lebzeiten; es kursierten auch verunstaltete Privatexemplare; daher gibt er das Verzeichnis mit Inhaltsangaben in *Περὶ τῶν ἰδίων βιβλίων* (XIX 8 ff.). Seine rhetorisch-grammatischen Schriften zählt er auf XIX 48, vgl. 60 f., die philosophischen XIX 39 ff. *Περὶ τῆς τάξεως τῶν ἰδίων βιβλίων* gibt Anweisung auf die Reihenfolge, worin seine Werke gelesen werden sollen.

schrieb er einem Mitschüler zuliebe eine anatomische Abhandlung *Περὶ θώρακος καὶ πνεύμονος κινήσεως* in 3 Büchern, worin er die Lehre des Pelops darstellte, aber am Schluß Eigenes hinzufügte.[1]

Von den medizinischen Schriften des Galenos sind einige schon im Titel als „für Anfänger“ (*τοῖς εἰσαγομένοις*)[2] bezeichnet, andere sind zusammenfassende Handbücher für praktische Ärzte. Die Literatur seines Fachs beherrscht er und polemisiert gern gegen abweichende Ansichten; das meiste verdankt er seinen Vorgängern, aber eigene Forschung fehlt doch nicht. Er verbreitet sich über alle Teile der Heilkunde.[3]

Anatomische Schriften werden in dem am Schluß defekten Verzeichnis XIX 23 ff. sieben aufgezählt; als das zusammenfassende Hauptwerk werden die 15 Bücher *Ἀνατομικαὶ ἐγχειρήσεις* bezeichnet (mit genauer Inhaltsangabe, vgl. XIX 54). Galenos hatte ursprünglich ein anatomisches *ὑπόμνημα* in 2 Büchern für seinen Gönner, Flavius Boethus (*ὑπατικὸς ἀνήρ*, der sich für aristotelische Philosophie und für Medizin interessierte, XIV 626 f.), zusammengestellt; als dieser aber gestorben, und das Exemplar des Galenos durch die vorhin erwähnte Feuersbrunst vernichtet war, entschloß er sich, seine mittlerweile gemachten Erfahrungen in einem größeren Werk fruchtbar zu machen (II 215 ff.).[4] Daran schlossen sich die verlorenen Auszüge aus den anatomischen Lehrbüchern des Marinos[5] und des Lykos.[6] Die übrigen XIX 23 erwähnten Bücher sind Spezialabhandlungen über einzelne Teile der Anatomie; dazu kommen noch einige kleinere Abhandlungen, u. a. die verlorenen *Περὶ τῆς ἐπὶ τῶν τεθνεώτων ἀνατομῆς* und *Περὶ τῆς ἐπὶ τῶν ζώντων ἀνατομῆς* (I 408, XIX 55).

Das Hauptwerk über Pathologie ist *Περὶ τῶν πεπονθότων τόπων* (6 Bücher); daneben werden (XIX 30) elf speziellere Abhandlungen aufgezählt (darunter die nur lateinisch vorhandene *Περὶ συνεκτικῶν αἰτίων*) und zuletzt das viel gelesene Kompendium *Τέχνη ἰατρική*.

Über Therapie handeln in erster Linie die 14 Bücher der *Μέθοδος θεραπευτική*.[7] XIX 30 f. werden ferner außer ein paar Kleinigkeiten genannt *Τὰ πρὸς Γλαύκωνα θεραπευτικά* und 3 Bücher *Περὶ φλεβοτομίας* (die 2 gegen Erasistratos und seine Schule). Angereiht werden auch die Werke über Nahrungsmittel und Diät: *Περὶ τῶν ἐν ταῖς τροφαῖς δυνάμεων* (3 Bücher), *Περὶ εὐχυμίας καὶ κακοχυμίας*, *Περὶ λεπτυνούσης διαίτης* und *Περὶ τῆς Ἱππο-*

[1] Ueber den Inhalt s. V 236.

[2] Aufgezählt XIX 12 f., 54. Ueber die Veröffentlichung seiner Schriften gibt Galenos manche für die buchhändlerischen Verhältnisse interessante Notizen (E. Rohde, Kl. Schriften II 445). Seine *ὑπομνήματα* wurden ohne sein Zutun publiziert (XIX 51); er hatte sie seinen Schülern privatim geschenkt (II 216 f.; XIX 10, 56); zuweilen wurde Mißbrauch damit getrieben (XIX 17). Von einigen behielt er selbst Kopien, andere mußte er von den Empfängern erbitten, um eine Ausgabe zu machen (XIX 12 f., vgl. 31).

[3] Die beiden Aufsätze über seine literarische Produktion sind lückenhaft überliefert; zur Ergänzung dient die frühere (I 411 f.) Aufzählung I 407 ff., vgl. II 216 f. Einige unzweifelhaft echte Schriften sind in diesen Berichten nicht genannt, weil sie später verfaßt sind.

[4] I—IX griechisch erhalten, X—XV nur arabisch (ed. Simon, Leipzig 1906).

[5] Referat des Inhalts XIX 25 ff.

[6] XIX 22 wird außerdem ein *ὑπόμνημα* erwähnt: *τὰ ἀγνοηθέντα τῷ Λύκῳ κατὰ τὰς ἀνατομάς*. Marinos war Lehrer, Lykos Schüler des Quintus (XV 136, XIX 22).

[7] Die ersten 6 Bücher sind einem Hieron gewidmet, die übrigen nach dessen Tod später hinzugefügt und an Eugenianos gerichtet.

κράτους διαίτης ἐπὶ τῶν ὀξέων νοσημάτων. Hinzu kommen die 6 Bücher *Ὑγιεινά*, die sehr viel kulturhistorisches Material enthalten (XIX 56), die *Θρασύβουλος* betitelte (VI 12) und diesem Freund gewidmete Untersuchung *Πότερον ἰατρικῆς ἢ γυμναστικῆς ἐστι τὸ καλούμενον ὑγιεινόν*, und die Empfehlung des Ballspiels (*Περὶ τοῦ διὰ τῆς μικρᾶς σφαίρας γυμνασίου*) als eines billigen und gesunden Sports.

Merkwürdigerweise sind die pharmakologischen Werke nicht unter den therapeutischen aufgeführt; die wichtigsten sind XIX 55 f. genannt: *Περὶ τῆς τῶν καθαιρόντων φαρμάκων δυνάμεως* (verloren), *Περὶ τῆς τῶν ἁπλῶν φαρμάκων δυνάμεως* (11 Bücher), *Περὶ συνθέσεως φαρμάκων κατὰ τόπους* (10 Bücher) und *κατὰ γένη* (7 Bücher). Hinzu kommen: 2 Bücher *Περὶ ἀντιδότων*,[1] 2 Anweisungen, das scheußliche Antidoton Theriak zu komponieren, und *Περὶ ἀντεμβαλλομένων* (von den Medikamenten, die einander ersetzen können).

Von dem physiologischen Hauptwerk *Περὶ χρείας μορίων* ist das I. Buch während des ersten Aufenthalts in Rom für Boethus geschrieben, die übrigen 16 viel später (XIX 15 f., 19 f., II 217). Zur Physiologie gehören ferner *Περὶ τῶν τῆς ἀναπνοῆς αἰτίων*[2] und *Περὶ φωνῆς*[3] (XIX 13, 55, I 409, II 217, V 236). Über die Zeugung handeln die 2 Bücher *Περὶ σπέρματος* (I 409) und *Περὶ κνουμένων διαπλάσεως*. Von den 3 Büchern *Περὶ κράσεως* beschäftigt das letzte sich mit Medikamenten, die beiden ersten mit dem Körper, und an diese schließen sich einige kleine Aufsätze über gute und schlechte *κρᾶσις* des menschlichen Körpers (I 407 f., XIX 56, VI 13),[4] ferner *Περὶ φυσικῶν δυνάμεων*, 3 Bücher, über die verschiedenen Äußerungen der Lebenskraft (I 408, XIX 55). Als eine solche betrachtet Galenos auch die Seele, über deren Abhängigkeit von den Zuständen des Körpers er eine hübsche Abhandlung geschrieben hat (*Ὅτι τὰ τῆς ψυχῆς ἤθη ταῖς τοῦ σώματος κράσεσιν ἕπεται*, vgl. IV 701: *οὐσίαν ψυχῆς ἀποφήνασθαι μηδαμόθι τολμήσας*). XVI 335 nennt er die beiden erhaltenen Werke[5] über seelische Krankheiten (vgl. I 408: *ἐν πλείοσι πραγματείαις ὑπὲρ τῶν ψυχικῶν ἐνεργειῶν διέξιμεν*, XIX 55).

XIX 32 f. gibt die Liste der Schriften über Prognose. Außer den erhaltenen Werken *Περὶ κρίσεων* und *Περὶ κρισίμων ἡμερῶν* (je 3 Bücher, wesentlich nach Hippokrates, XIX 34) sind es 16 Bücher *Περὶ σφυγμῶν* für Weitergekommene[6] nebst einer *Σύνοψις* dieser Bücher und einer Abhandlung *Περὶ χρείας σφυγμῶν τοῖς εἰσαγομένοις*, außerdem (verloren) in

[1] Buch I handelt vom Theriak, das Galenos für Marcus Aurelius bereiten mußte (XIV 4 f.), und zitiert das versifizierte Rezept des Andromachos, des Leibarztes Neros (XIV 32 ff.).

[2] Es war in 2 Büchern; erhalten ist nur ein Auszug von wenig Seiten. Außerdem gibt es ein Werk in 3 Büchern *Περὶ δυσπνοίας* (XIX 33) und eine Abhandlung *Περὶ χρείας ἀναπνοῆς*.

[3] Dem Boethus gewidmet (XIX 13), wesentlich anatomisch (V 236 f.). Eine Beschreibung des Kehlkopfs ist unter Galenos' Namen lateinisch erhalten.

[4] Eine Abhandlung über die Pest bei Thukydides (VII 851) ist leider verloren.

[5] *Περὶ διαγνώσεως καὶ θεραπείας τῶν ἐν τῇ ἑκάστου ψυχῇ ἰδίων παθῶν* und *Περὶ διαγν. καὶ θεραπ. τῶν ἐν τῇ ἑκ. ψυχῇ ἁμαρτημάτων.* Sie enthalten viel Interessantes zur Lebensgeschichte des Galenos und zur Psychologie.

[6] *Περὶ διαφορᾶς σφυγμῶν, Περὶ διαγνώσεως σφυγμῶν, Περὶ τῶν ἐν τοῖς σφυγμοῖς αἰτίων, Περὶ τῆς διὰ τῶν σφυγμῶν προγνώσεως*, je 4 Bücher, vgl. I 410, XIX 54. Erhalten sind noch *Περὶ*

8 Büchern eine Erläuterung der Pulslehre des Archigenes. Außerdem ist erhalten *Περὶ τοῦ προγινώσκειν πρὸς Ἐπιγένην*[1] und einige Abhandlungen von zweifelhafter Echtheit. Über den Urin, den er als prognostisches und diagnostisches Mittel viel benutzt, hatte Galenos ein Buch geschrieben (XVI 21), aber die unter seinem Namen erhaltenen Abhandlungen über diesen Gegenstand gelten als spätere Auszüge. Die umfassende Belesenheit des Galenos in Verbindung mit seiner Neigung für eine etwas unfeine Polemik zeigt sich in seinen Streitschriften gegen die älteren Schulen, die er XIX 37 f. aufzählt; in besonderen Schriften oder gelegentlich hat er bekämpft: Erasistratos und seine Schule, Asklepiades, die Empiriker und die Methodiker. Die meisten der Sonderschriften sind verloren.[2]

Von allen Vorgängern schätzte Galenos am meisten den Hippokrates. Er hat ihn gegen Angriffe von verschiedenen Seiten verteidigt (gegen Lykos und den Methodiker Julianus, XIX 37, XVII² 203),[3] seltene Wörter bei ihm erläutert (*τῶν παρ' αὐτῷ γλωττῶν ἐξήγησις*, XIX 37) und seine Auffassung des ärztlichen Berufs verherrlicht (*Ὅτι ἄριστος ἰατρὸς καὶ φιλόσοφος*, XIX 37). Die meisten hippokratischen Schriften hat er kommentiert, und es war seine Absicht, alle Hauptschriften zu erläutern (XIX 57); von den XIX 35 f. aufgezählten 17 Kommentaren, meist in mehreren Büchern, sind 14 erhalten.[4] Außerdem hat er Einzelfragen behandelt in *Περὶ τῆς καθ' Ἱπποκράτην διαίτης ἐπὶ τῶν ὀξέων νοσημάτων* (XIX 36 f.), *Περὶ τῆς Ἱπποκράτους ἀνατομῆς* (XIX 13 f., I 409, 5. Buch IV 537)[5] und *Περὶ τῶν καθ' Ἱπποκράτην στοιχείων* (XIX 55, I 407, XV 1 f.). Eine Vergleichung der physiologischen und medizinischen Ansichten Platons mit denen des Hippokrates gab er in den 9 Büchern *Περὶ τῶν καθ' Ἱπποκράτην καὶ Πλάτωνα δογμάτων*.[6] Mit Platon hat Galenos sich überhaupt mehrfach beschäftigt, u. a. die medizinischen Teile von seinem Timaios erläutert (XIX 46).

Noch ist zu nennen, daß Galenos mehrere propädeutische Schriften verfaßt hat, die für Anfänger bestimmte *Περὶ αἱρέσεων*, die eine allgemeine Übersicht über die verschiedenen medizinischen Schulen gibt (XIX 12), und *Πρὸς Θρασύβουλον περὶ ἀρίστης αἱρέσεως* (XIX 44, 52). Verwandt ist *Περὶ τῆς ἀρίστης διδασκαλίας*, eine Abwehr des akademischen Skeptizismus des Favorinus (XIX 44). Zur allgemeinen Einführung in

τῶν σφυγμῶν τοῖς εἰσαγομένοις und *Περὶ σφυγμῶν πρὸς Ἀντώνιον φιλομαθῆ καὶ φιλόσοφον* (Auszug aus Galenos).

[1] Enthält interessante Nachrichten aus der Praxis des Galenos.

[2] Erhalten ist *Εἰ κατὰ φύσιν ἐν ἀρτηρίαις αἷμα περιέχεται* (gegen Erasistratos).

[3] XVII¹ 914 kündigt er eine Abhandlung an zur Verteidigung der Aussage des Hippokrates *τὰ ἐναντία τῶν ἐναντίων ἰάματα*.

[4] Verloren sind die Kommentare zu *Περὶ ἑλκῶν*, *Περὶ τῶν ἐν κεφαλῇ τρωμάτων* und *Περὶ τόπων ἀέρων ὑδάτων*, außerdem von denen zu *Περὶ διαίτης ὀξέων* und *Ἐπιδημ.* II je 1 Buch, zu *Ἐπιδημ.* VI gar 2. *Περὶ φύσιος ἀνθρώπου* hielt er für echt und hatte in einer besonderen Abhandlung die Uebereinstimmung mit der Lehre des Hippokrates nachgewiesen (XIX 36, XV 107). Er hatte vor, in einem besonderen Buch über echte und unechte Hippokratesschriften zu handeln (XVI 3). Den Schluß von *Περὶ διαίτης ὀξέων* betrachtete er als unecht (XIX 36), *Περὶ διαίτης ὑγιεινῆς τῶν ἰδιωτῶν* bezeichnet er in seinem Kommentar dazu als vielleicht von Polybos (XV 174 f.). Die Kommentare waren ursprünglich *ὑπομνήματα* zum eignen Gebrauch geschrieben, als seine Bücher noch in Asien waren, die späteren dagegen zur Veröffentlichung bestimmt (XIX 34 f.).

[5] Eine Ergänzung zu Hippokrates *Περὶ ἄρθρων* 1 ist *Περὶ τῶν οὐχ ἑωραμένων Ἱπποκράτει ἐκπτώσεων* XVIII¹ 346 ff.

[6] Zuerst 6 Bücher für Boethus, später ergänzt (XIX 15 f., 20).

die Heilkunst dient *Περὶ συστάσεως τῆς ἰατρικῆς τέχνης*, die auf eine allgemeinere (verlorene) Schrift in 2 Büchern *Περὶ τεχνῶν συστάσεως* folgte (I 407), wie der erhaltene *Προτρεπτικὸς λόγος*, der zum Studium überhaupt antreibt, nur Einleitung ist zum edelsten Studium, dem der Heilkunde (I 39; XIX 38: *προτρεπτικὸς εἰς ἰατρικήν*).

Galenos will Eklektiker sein (V 43) und bezeichnet die Ärzte, die auf irgendeine Schule schwören, als *δοῦλοι* (XIX 13); die Abhandlung *Περὶ ἀρίστης αἱρέσεως* hat er geschrieben, um der Jugend den Weg zu zeigen zur selbständigen Wahl, nicht, wie es gewöhnlich geschieht, um diese oder jene Schule zu empfehlen (XIX 51). Es muß auch anerkannt werden, daß er nicht ohne wissenschaftlichen Sinn ist, und daß er im Geiste Platons und des Hippokrates für eine edlere Auffassung des ärztlichen Berufs eingetreten ist in einer Zeit, wo es not tat.

Allerdings ist er nicht frei von Aberglauben; wie er seinen Schutzgott Asklepios, der ihm einmal das Leben gerettet hat, gegen den Kaiser ausspielt (XIX 19), wurde oben erwähnt, und gegen die Verächter der Träume und Vorzeichen behauptet er viele Kuren nach Anweisung von Träumen unternommen zu haben, sogar eine so spezielle wie die Eröffnung einer bestimmten Ader (XVI 222). Seiner dogmatischen teleologischen Betrachtungsweise gibt er öfters Ausdruck in gezwungenen, zuweilen ein bißchen albernen Erklärungen, wie wenn er die weise Vorsorge der Natur darin sieht, daß die Bärin ihr unförmliches Neugebornes sofort durch Lecken gestaltet (XIV 254 f.), oder in der Lage des Magens (III 278), in der Gestaltung des obersten Halswirbels (IV 82), in der gesicherten Lage von Nerven und Sehnen (III 118), in dem Bau des Uterus (IV 237) und der Anbringung von Brauen und Wimpern (III 904 f.). Die *φύσις* ist ihm ein mystisches Wesen, dem er Bildung, Gerechtigkeit, Kunstfertigkeit und Fürsorge für die Lebewesen zuschreibt (III 379); sie handelt immer richtig und klug (XV 311) und begnügt sich nicht wie die Bildhauer damit, das Äußere schön zu gestalten (II 82). Gegen die frechen Leute, die behaupten, der menschliche Körper könnte besser eingerichtet sein,[1] wird die wahre Frommheit gepriesen, die nicht in großen Opfern bestehe, sondern darin, die Weisheit, Macht und Güte der Natur zu erkennen und andern zu zeigen (III 236 ff.).

Die Mängel seines Charakters liegen bei Galenos offen zutage, sind aber im Grunde ziemlich unschuldig. Er behauptet zwar, dazu erzogen zu sein, Geld und Ruhm zu verachten (V 43 ff.), aber seine Eitelkeit macht sich jeden Augenblick fühlbar; die Art, wie er durch seine Prognosen in Rom für sich Reklame macht, und die Genugtuung, womit er seinen vornehmen Zuhörerkreis hervorhebt (XIV 605, vgl. II 218), hat etwas Streberhaftes. Als er in Pergamon Gladiatorenarzt war, ist keiner ihm gestorben, während die früheren Ärzte viele Sterbefälle zu verzeichnen hatten (XIII 600). Seine Darstellung der Therapeutik vergleicht er mit

[1] Jemand hatte ihm gegenüber behauptet, es wäre besser, wenn die Exkremente durch die Füße abgingen; dann würde man nicht nötig haben, vom Bette aufzustehen, sondern brauchte nur einen Fuß herauszustrecken. Der Spötter scheint ein Epikureer gewesen zu sein.

Traians Verbesserung der römischen Wege; Hippokrates habe zwar die Wege gezeigt, sie seien aber holperig und hätten die Ausbesserung durch Galenos sehr nötig (X 632 f.).

Als Schriftsteller ist Galenos sehr weitschweifig und scheut keine Wiederholung. Daß eine so gewaltige Produktion nicht ohne Benutzung von fremdem Gut möglich war, ist selbstverständlich, und das Beste wird er von seinen Vorgängern übernommen haben. Aber ein bloßer Abschreiber ist er nicht; er dringt fortwährend auf eigene Beobachtung, die Bücher allein genügen nicht (II 223 f.). Er hat nicht nur mit Erfolg praktiziert,[1] sondern auch wissenschaftlich Eigenes geleistet, am meisten wohl in der Anatomie; einige Muskeln in der Hand, dem oberen Augenlid und der Ferse hat er zuerst nachgewiesen (XIX 20, XVII² 235). Sektionen, auch Vivisektionen,[2] hat er meist an menschenähnlichen Affen unternommen;[3] aber er versäumt keine Gelegenheit, menschliche Leichen zu untersuchen. Ein Skelett war nur in Alexandreia zu sehen, weshalb er den Studenten eine Reise dahin empfiehlt (II 220); er hat aber bei zufälligen Zerstörungen von Gräbern und am Skelett eines unbegrabenen Räubers den Knochenbau studieren können (II 221); auch als Gladiatorenarzt hat er bei schweren Verwundungen Sehnen und Muskeln des Schenkels beobachten können (XIII 599). Außerordentliche Mühe hat er sich um ausländische Arzneien gegeben; um die echten an Ort und Stelle kennen zu lernen, hat er nicht nur Cypern und Lemnos besucht, sondern auch Kleinasien und Syrien und Proben der lemnischen Erde, metallischer Heilmittel usw. mit nach Hause gebracht (XIV 7 f., XII 171, 203, 216).

Sein Ansehen war schon nach 100 Jahren so groß, daß manche ihn als einen Gott „anbeteten“ (Eusebios, Hist. eccl. V 28, 14), und er hat die Medizin bei den Arabern und im Mittelalter beherrscht; daß er aber dadurch ein Hemmnis des Fortschritts geworden, das erst in der Renaissance mit großer Mühe überwunden werden mußte,[4] ist nicht seine Schuld.

Um die Leistung des Galenos gerecht zu beurteilen, muß man sie mit der medizinischen Literatur der Folgezeit vergleichen.[5] Es wurde ohne Zweifel fortwährend tüchtig und erfolgreich praktiziert,[6] aber wissenschaftliche Fortschritte wurden nicht mehr gemacht; man begnügte sich damit, die reiche Literatur der Vorzeit zu exzerpieren.[7]

[1] Mit berechtigtem Stolz erzählt er einen Fall, wo er die Lähmung von 3 Fingern, die falsch behandelt war, als die Folge einer Beschädigung des Rückenmarks erkannte und heilte (VIII 213 f.).

[2] Zur Untersuchung des Herzens II 631, an Ziegen und Schweinen zur Erklärung des Atmens und der Stimme XIV 627.

[3] Ausführlich II 219 ff. Trotz seinem Vorbehalte II 222 ist er doch nicht vorsichtig genug gewesen; viele seiner Irrtümer beruhen auf unkontrollierten Schlüssen vom Affen auf den Menschen.

[4] H. Heinrichs, Die Ueberwindung der Autorität Galens durch Denker der Renaissancezeit, Bonn 1914.

[5] Corlieu, Les médecins Grecs depuis la mort de Galien jusqu'à la chute de l'empire d'Orient, Paris 1885.

[6] So wird im 5. Jh. der Arzt Jakobos, genannt Psy(chro)chrestos wegen seiner Vorliebe für feuchte Nahrung, als Praktiker sehr gelobt (Alexandros Trall. II 163, Photios 344ª), ebenso sein Schüler Asklepiodotos (Photios a. O.). Aber der fürchterlichen Pest unter Justinian standen die Aerzte ratlos gegenüber (Prokopios, De bell. II 22, 29 ff.).

[7] Auch Nichtfachleute schrieben Medizinisches. Unter dem Namen des tüchtigen Aristotelikers Alexandros aus Aphrodisias sind medizinische Problemata erhalten (I—II bei Ideler, Physici et medici Graeci minores, Berolini 1841—42, I 3 ff.,

Das bedeutendste dieser Sammelwerke sind die *Ἰατρικαὶ συναγωγαί* des Oreibasios, zusammengestellt auf Befehl des Kaisers Julianus, der den Verfasser in Gallien kennen gelernt und vorher einen Auszug aus Galenos durch ihn hatte anfertigen lassen.[1] Sein Werk, das uns viele Fragmente älterer Ärzte gerettet hat, war in 70 Büchern; erhalten sind davon I—IV (über Nahrungsmittel), V (über Getränke), VI (über den Schlaf, über körperliche Übungen u. ä.), VII—VIII (vom Aderlaß und abführenden Mitteln), IX—X (*περὶ ἀέρων καὶ τόπων*, äußere Heilmittel), XI—XIII (Dioskurides alphabetisch geordnet), XIV—XVI (*περὶ ἁπλῶν φαρμάκων*), XXI—XXII (Anatomie), XLIV, XLVI—IX (Chirurgie). Außerdem haben wir von ihm eine *Σύνοψις* des großen Werks (9 Bücher, an seinen Sohn dediziert) und *Περὶ εὐπορίστων* (4 Bücher, an seinen Freund Eunapios).[2]

Aus dem 6. Jahrh. liegt ein ähnliches Sammelwerk des Aëtios vor[3] und von Alexandros aus Tralleis eine recht verständige Zusammenstellung von Krankheiten *a capite ad calcem*, ihrer Diagnose und Therapie (12 Bücher), außerdem eine Fieberlehre (*Περὶ πυρετῶν*) und ein Brief *Περὶ ἑλμίνθων*.[4]

Dem 7. Jahrh. gehört das Handbuch des Paulos von Aigina (7 Bücher), das bei den byzantinischen Ärzten bis ins 14. Jahrh. als Lehrbuch diente, wie die ungemein zahlreichen Hssn beweisen,[5] und durch seine praktischen Vorzüge diese Gunst auch verdient; Besseres ist jedenfalls auf diesem Gebiete später nicht erzeugt worden innerhalb der griechischen Medizin.

Wenig bedeutend sind die Hippokrateskommentare des Stephanos von Athen,[6] die *Σύντομος σύνοψις περὶ πυρετῶν* eines unbekannten Palladios[7] und die Abhandlungen *Περὶ τῆς τοῦ ἀνθρώπου κατασκευῆς* (5 Bücher), *Περὶ διαχωρημάτων* und *Περὶ οὔρων* des Theophilos Protospatharios.[8]

III—IV ed. Usener, Berlin 1859) nebst einer Abhandlung *Περὶ πυρετῶν* (Ideler I 81 ff.), sie gelten aber als unecht. Der Bischof Nemesios von Emesa (4. Jh.) hat ein Büchlein *Περὶ φύσεως ἀνθρώπου* geschrieben (ed. C. F. Matthäi, Halle 1802), das von Meletios ausgenutzt (Cramer, Anecd. Oxon., Oxford 1836, III 1 ff.) und im 11. und 13. Jh. ins Lateinische übersetzt wurde. Es ist eine doxographische Kompilation (s. W. W. Jaeger, Nemesios von Emesa, Berlin 1914).

[1] Oreibas. I praef. Nach der kleinen Biographie des Eunapios (S. 103 ff. ed. Boissonade) war er in Pergamon aus vornehmer Familie geboren, wurde unter Julianus' Nachfolgern „zu den Barbaren" Asiens verbannt, gewann bei den Königen der Barbaren großes Ansehen und wurde schließlich zurückgerufen.

[2] Alles in der Ausgabe von Bussemaker u. Daremberg, I—VI, Paris 1851—76 (IV 542 ff. Exzerpte, *ἐκλογαὶ βοηθημάτων*, VI eine mittelalterliche lateinische Uebersetzung von *Σύνοψις* IV—IX und Euporista).

[3] 16 Bücher, griechisch nur I—VIII, Venet. 1534; alle lateinisch Paris 1567.

[4] Ed. Th. Puschmann, I—II, Wien 1878—79 (mit Einleitung u. deutscher Uebersetzung); ein drittes Heft (Nachträge zu Alexander Trallianus, Berlin 1886) enthält eine Abhandlung über Augenkrankheiten (2 Bücher, ein drittes ist verloren, S. 168), ob von ihm, ist zweifehaft; jedenfalls hatte er 3 Bücher über Augenkrankheiten geschrieben (II S. 3).

[5] Heiberg, RÉG. XXXII 268 ff. Ed. Heiberg, I II, Lips. et Berol. 1919—21. Das besonders interessante VI. Buch (Chirurgie) ed. Briau, Paris 1855. Eine mittelalterliche lateinische Uebersetzung des III. Buchs ed. Heiberg, Lipsiae 1912.

[6] Ed. Dietz, Scholia in Hippocratem et Galenum, I—II, Regimont. Pruss. 1834, I 51 ff.

[7] Ideler I 107 ff. Ein defekter Kommentar zu Hippokrates *Ἐπιδημ.* VI nach einer Vorlesung (*ἀπὸ φωνῆς*) von ihm bei Dietz a. O. II 1 ff.

[8] Ideler I 261 ff., 397 ff. Fabricius, Bibl. Gr. XII (1724) 785 ff.

Auch in Byzanz wurde medizinische Schriftstellerei bis zuletzt betrieben, ohne Originalität, aber recht fleißig, und diesem Interesse und dem praktischen Bedürfnis verdanken wir die erhaltenen medizinischen Hssn; die oben (S. 105) erwähnte illustrierte Hs. (Laurent. LXXIV 7) aus dem 9.—10. Jahrh.,[1] die eine von einem Niketas zusammengestellte Sammlung chirurgischer Schriften enthält, hat dem Hospital *τῶν μ̄ ματρύρων* gehört und offenbar bei der Krankenbehandlung dort gedient.

Ideler (Physici et medici Graeci minores I—II, Berolini 1841—42) hat außer einigen älteren Sachen eine Reihe medizinischer Abhandlungen aus dem 10.—14. Jahrh. herausgegeben,[2] u. a. von dem Vielschreiber Michael Psellos (11. Jahrh.) iambische Verse medizinischen Inhalts und einen Traktat über Heilkräfte der Edelsteine (I 203 ff.), von Joannes Aktuarios (d. i. Hofarzt, 14. Jahrh.)[3] und anderen viele Abhandlungen *Περὶ οὔρων* und von dem sprachkundigen Übersetzer aus dem Arabischen Symeon Seth (11. Jahrh.) einen kleinen Aufsatz über Geruch und Geschmack (II 283 ff.). Von diesem gibt es auch ein Buch *Περὶ τροφῶν δυνάμεων*,[4] worin zum erstenmal arabische Heilmittel wie Haschisch, Kampfer und Moschus auftreten. Überhaupt verspürt man in dieser Spätzeit den Einfluß der blühenden orientalischen medizinischen Literatur, die vielfach übersetzt wird.[5]

Im 10. Jahrh. hat Theophanes Nonnos eine kümmerliche Kompilation *Ἰατρικά* aus Oreibasios hergestellt als Teil der vom Kaiser Konstantinos Porphyrogennetos veranstalteten Enzyklopädie.[6] Besser ist das Büchlein des Demetrios Pepagomenos (13. Jahrh) *Περὶ ποδάγρας*[7] und die Rezeptsammlung des Nikolaos Myrepsos (13. Jahrh.), die in der lateinischen Übersetzung des Nicolaus Rheginus auch im Abendlande lange in Gebrauch war;[8] auch in diesem Buch ist arabischer Einfluß kenntlich. Die kleine Abhandlung des Joannes Pediasimos (13. Jahrh.) *Περὶ τοῦ πῶς ἑπτάμηνος καὶ ἐννεάμηνος τόκος σώζεται*[9] zeigt das Nachleben pythagoreischer Zahlenmystik.

Die spätrömische Literatur über Medizin ist abgesehen von Caelius Aurelianus (oben S. 107) äußerst ärmlich. Von Theodorus Priscianus (4. Jahrh.), der auch griechisch über Medizin geschrieben hat, gibt es 3 Bücher *Euporiston* über Medikamente und verschiedene Krankheiten, auch bei Frauen.[10] Andere Rezeptsammlungen sind die sog. Medicina Pliniana (die 3 ersten Bücher aus Plinius exzerpiert, angehängt ein Buch *de pomis* aus Gargilius Martialis und ein fünftes über Diät aus Alexandros von Tralleis),[11] Marcellus empiricus De medicamentis (auch abergläu-

[1] H. Schöne, Apollonius von Kitium, Leipzig 1896, p. VIII.

[2] Vgl. Krumbacher, Gesch. d. byz. Litt.[2] 613 ff.

[3] I 3 ff. (7 Bücher), andere II 307 ff., 323 ff. Von Joannes Aktuarios auch 2 Bücher vom *πνεῦμα ψυχικόν* I 312 ff. und *Περὶ διαγνώσεως παθῶν* II 353 ff.

[4] Ed. Langkavel, Leipzig 1868.

[5] Ideler I 293 *ἐκ τῆς ἰατρικῆς τῶν Περσῶν* (vom Aderlaß), II 286 *Περὶ οὔρων* von Ali ben Sina, II 303 *ἐκ Συριακοῦ βιβλίου*, II 305 *ἐκ τῆς ἰατρικῆς τέχνης τῶν Περσῶν*.

[6] Ed. Bernard, I—II, Gothae 1794—95.

[7] Ed. Bernard, Lugd. Bat. 1743.

[8] Der griechische Text unediert, lateinisch von L. Fuchs, Basel 1549.

[9] Ed. F. Cumont, Rev. belge 1923, S. 5 ff. und V. de Falco, Neapoli 1923.

[10] Ed. Val. Rose, Lipsiae 1894 (darin auch andere ähnliche Sachen).

[11] Gedruckt Basel 1528 und Venedig 1547.

bischen)[1] und Cassius Felix De medicina (ex Graecis logicae sectae auctoribus liber translatus).[2] Aus dem 6. Jahrh. liegt eine kleine, sprachlich interessante Abhandlung über Nahrungsmittel vor, von einem griechischen Arzt Anthimus dem Frankenkönig Theudoricus gewidmet.[3] Außerdem gibt es aus dem 6. Jahrh., wie gelegentlich erwähnt, Übersetzungen von Hippokrates, Dioskurides, Galenos, Oreibasios, Alexandros Trallianus und Paulos Aiginetes.[4] Aber im ganzen war die Erbschaft, die von den Römern dem okzidentalischen Mittelalter hinterlassen wurde, entsetzlich mager.

Auch die Tierheilkunde stand bei den Griechen sehr hoch. Aristoteles gibt in seinem zoologischen Hauptwerk gelegentlich Bemerkungen über Krankheiten der Haustiere, ebenso die Schriftsteller über Ackerbau. In der griechischen Sammlung der *Γεωπονικά* (ed. Needham, Cantabrigiae 1704; H. Beckh, Lipsiae 1895, ungenügend, s. E. Fehrle, Studien zu den gr. Geoponikern, Leipzig u. Berlin 1920) ist das 16. Buch den Krankheiten der Pferde, Esel und Kamele gewidmet. Es wird darin u. a. Apsyrtos zitiert, der unter Constantin d. Gr. *Ἱππιατρικά* verfaßte (Suidas). Konstantinos Porphyrogennetos hat auch eine Sammlung *Ἱππιατρικά* zusammenstellen lassen (ed. E. Miller, Not. et extr. XXI, 2, 1865; Oder et Hoppe, I, Leipzig 1924). Lateinisch ist das Hauptwerk die sog. Mulomedicina Chironis (c. 400, ed. E. Oder, Lipsiae 1901), die ebenfalls Apsyrtos benutzt und als Hauptquelle gedient hat für Vegetius Renatus, Digestorum artis mulomedicinae libri (ed. Lommatzsch, Lipsiae 1903). Dieser nennt (prolog. 2—3) als seine Vorgänger außer Columella, Chiron und Apsyrtos (den er aus zweiter Hand zitiert) auch Pelagonius (4. Jahrh.), von dem eine Sammlung Briefe über Pferdekrankheiten (nach griechischen Quellen) erhalten ist (ed. Ihm, Lipsiae 1892).

S. Val. Rose, Anecdota Graeca et Graecolatina II (Berlin 1870) S. 105 ff.

[1] Ed. Helmreich, Lipsiae 1889, und M. Niedermann, Lipsiae et Berol. 1916.

[2] Ed. Val. Rose, Lipsiae 1879.

[3] De observatione ciborum, Rose a. O. II 41 ff. und Lipsiae 1877.

[4] Cassiodorius, Divin. lect. 31 nennt außer Caelius Aurelianus Uebersetzungen von Dioskurides, Galenos Therapeutica ad Glauconem, Hippocrates de herbis et curis diversosque alios de medendi arte compositos.

NAMENVERZEICHNIS

Bloße Quellenstellen und Namen moderner Forscher sind nicht aufgeführt

Abacus 48, 49.
Aegypten 92.
Aeneis 91.
Agatharchides aus Knidos 85.
Agatharchos 79.
Agrimensoren 48.
Ailianos 90.
Ailios Promotos 109.
Aineias aus Hierapolis 15.
Aischylos 93.
Alexandreia 22, 35, 57, 84, 90, 103, 104, 107, 115.
Alexandros aus Aphrodisias 115[7].
— *ὁ Λύχνος* 87.
— aus Myndos 90.
— aus Tralleis 116, 117, 118.
Alkmaion 93, 101, 102.
Al-Narizi 38.
Ammianus Marcellinus 82.
Ammonios, Hermias' Sohn 45, 46, 60.
Amyklas von Herakleia 11.
Anatolios 38, 40.
Anaxagoras 51, 100.
Anaximandros 1, 50.
Anaximenes 1, 50.
Andromachos 108.
Anthemios 46, 78.
Anthimus 118.
Antiochos I v. Kommagene 63.
Antiphon 5.
Antonius Musa 106.
Antyllos 109.
Apollodoros 104.
Apollonios aus Kition 105.
— aus Perge 20, 21, 22, 29—33, 34, 35, 43, 46, 53, 59, 77.
— von Tyana 65.
Apsyrtos 118.
Araber 14, 15, 16, 29, 30, 32, 58, 115, 117.
Aratos 55, 58, 62.
Archagathos 105.
Archelaos 100.
archiatri 106.
Archigenes aus Apamea 108—9, 113.
Archimedes 9, 10, 12, 13, 16, 21, 22, 23—29, 31, 33, 34, 38, 39, 43, 46, 49, 52, 53, 54, 67—69, 77, 79, 83.
Architas 49.
Archytas 5, 22, 67, 80.
Aretaios aus Kappadokien 108—9.
Aristaios 13, 20, 43.
Aristarchos von Samos 43, 52—53, 54.
Aristophanes 5.
— aus Byzanz 90.
Aristoteles 5, 6, 7, 12, 17, 34, 45, 51, 52, 58, 65—66, 67, 72, 74, 77, 94, 102, 118.
Aristoxenos 80, 81.
Aristyllos 54, 56.
Arktinos 92.
Arrianos 87.
Artemidoros 100.
— aus Ephesos 85.
Asklepiades 106—7, 113.
— der jüngere 107.
Asklepiodotos 115[6].
Asklepios 93, 97, 110, 114.
Asklepios aus Tralleis 45.
Athenaios von Kyzikos 11.
— Mechaniker 71.
— Pneumatiker 108.
Aurelianus, Caelius 107, 117.
Autolykos 43, 53—54, 59, 60.
Avienus 62, 87.

Babylon 54. Chaldaei 63, 64.
Barlaam aus Calabrien 47, 62.
Berosos 63.
Biton 71.
Boethus, Flavius 111, 112.
Boetius 29, 49, 81.
Brenngläser 77, 79.
Bryson 5.

Caesar 58, 59, 62, 82, 106.
Cassiodorius 48, 49, 62.
Cassius Felix 118.
Cato der ältere 82, 105—6.
Celsus 106.
Censorinus 48, 62.
Chalcidius 74.
Chrysippos, Stoiker 74.
— Arzt 103.
Cicero 23, 47, 52, 55, 57, 62, 86, 106.
Columella 118.
Constantinopel s. unter K.

Damaskios 45.
Damianos *ὁ Ἡλιοδώρου* 76—77, 78.
Dareios 92.
Deinostratos 11, 39.
Demetrios, Mathematiker 36.
— Chrysoloras 62.
Demetrios Pepagomenos 117.
— Poliorketes 70.
Demokedes 92, 93.
Demokritos 11, 12—13, 55, 59, 73, 88.
Diades 70[1].
Dikaiarchos 83, 84.
Diodoros, Mathematiker 43, 58, 59.
Diokles 35, 77.
— aus Karystos 102.
Dionysios (Periegetes) 87.
Dionysodoros 34, 35.
Diophantos 40—42.
Dioskurides 105, 118.
Domninos aus Larissa 45.
Dorion 90.
Dositheos 25, 54.

Edelsteine 90, 91.
Ekphantos 51.
Empedokles 73, 74, 102.
Empiriker 104, 113.
Ephoros 82.
Epidauros 97.
Epigenes 63.
Epikuros 34, 73.
Epimachos 70.
Erasistratos 103—4, 111, 113.
Eratosthenes 8, 22—23, 24, 27, 40, 43, 55, 84, 85, 86.
Erotianos 108.
Eryximachos 102.
Eudemos, Arzt 104.
— Mathematiker 33.
— Peripatetiker 2, 3, 6, 12, 45, 50, 51.
Eudoxos 8—9, 11, 12, 13, 16, 18, 22, 34, 52, 53, 63, 80.
Eugenius 76.
Eukleides 3, 13—22, 25, 29, 35, 36, 38, 39, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 54, 59, 67, 75, 77, 79, 81.
Euktemon 54.
Eunapios 116.
Euripides 63.
Euryphon 101.
Eutokios 8, 28, 30, 31, 35, 37, 39, 46, 69.
Experiment 70, 75, 76, 78, 80—81, 98—99.

Favorinus 113.
Firmicus Maternus 65.
Frontinus 48.

Galenos 74, 94, 95, 101, 102, 103, 105, 108, 109—15, 118.
Gallus, C. 62.
Gargilius Martialis 117.
Gelon 26.
Geminos 2, 17, 35, 38, 44, 57, 74, 79.
Geoponica 118.
Georgios Chrysokokkes 61.
— Pachymeres 47, 81.
Germanicus 62.

Hedylos 70.
Hekataios 82, 88.
Heliodoros, Hermias' Sohn 60.
Hephaistion aus Theben 65.
Herakleides aus Pontos 52, 53.
— aus Tarent 104—5.
— (Herakleios) 31.
Herakleitos 1, 100.
Hermannus Secundus 59.
Hermippos 65.
Hermotimos 11, 20.
Herodikos 93, 100.
Herodotos 82, 88, 92.
Heron 15, 17, 34, 36—38, 71—73, 78.
Heronas 45.
Herophilos 103, 104.
Hierokles 88.
Hieron 24, 26, 68, 69.
Hiketas 51.
Hipparchos 36, 55—57, 59, 69, 74, 85.
Hippasos 81.
Hippias 4, 5.
Hippokrates von Chios 4, 5, 6—7, 19, 45.
— von Kos 94—102, 103, 104, 112, 113, 114, 115, 116, 118.
Homeros 63, 91—92.
Horoskop 63—64.
Hyginus 62.
Hypatia 44, 60.
Hypsikles 33, 35, 54, 60.

Jakobos Psy(chro)chrestes 115[6].
Iamblichos 44.
Instrumente, astronomische 57, medizinische 99.
Ioannes Aktuarios 117.
— Kamateros 65.
— Pediasimos 47, 117.
— Philoponos 45, 60.
Isaak Argyros 47, 61—62.
Isidoros aus Milet 28, 29, 46.
Julianos, Kaiser 116.
— Methodiker 113.
Juvenalis 64.

Kalender 55, 58, 59, 61, 62, 63, 65.
Kalippos 52, 54.
Kallimachos 90.
Karneades 63.
Karpos 38—39.
Karten 82, 83, 86, 87.
Kleanthes 53.
Kleitomachos 63.
Kleombrotos, Arzt 103.
Kleomedes 58.
Kleoneides 81.
Kleophantos 107.
Kleostratos 55.
Knidos 94, 100—2.
Konon aus Samos 22, 25, 31, 54, 55.
Konstantinopel 46, 61.
Konstantinos Porphyrogennetos 88, 91, 118.
Kosmas Indikopleustes 87, 91.
Krateuas 105.
Kritodemos 63.
Kroton 92, 93.
Ktesias 102—3.
Ktesibios 69, 70, 72.
Kyrene 92.

Lasos von Hermione 81.
Laurentios Lydos 64, 65.
Leodamas 11.
Leon von Konstantinopel 28, 29, 46, 61, 65.
Leon, Sohn d. Neokleides 12.
Leonidas aus Alexandreia 109.
Lykos, Arzt 111, 113.

Macrobius 49, 62.
Magnes 39.
Magnetismus 66.
Manethon 65.
Manilius 64.
Mantias 104.
Manuel Bryennios 61.
— Komnenos 65.
— Moschopulos 47.
— Philes 91.
Marcellus, M. Claud. 52, 69, 71.
— Empiricus 117.
Marinos, Arzt 111.
— Geograph 86.
— Mathematiker 45.
Markellinos 109.
Martianus Capella 48, 49, 62.
Maximos, Astrolog 63.
— Planudes 47.
Meletios 115[7].
Menaichmos 10, 22.
Menelaos 36, 54, 58.
Menonpapyrus 102, 103, 107.
Methodiker 107, 108, 110, 113.
Meton 54.
Michael Psellos 45[5], 46, 61, 81, 117.
Μικρὸς ἀστρονομούμενος 59, 78.
Mithridates 105.
Mulomedicina Chironis 118.

Naukrates 33.
Nechepso 64.
Nemesios 115[7].
Neuplatoniker 44.
Neupythagoreer 40.
Nigidius Figulus 90.
Nikandros 104.
Nikephoros Blemmydes 87.
— Gregoras 61, 82.
Niketas 117.
Nikolaos Kabasilas 62.
— Myrepsos 117.
— Rhabdas 47.
— Rheginus 117.
Nikomachos aus Gerasa 39, 44, 45, 49.
Nikomedes 22—23, 39.
Nikon, Vater Galens 110.
Nikoteles 22, 31.

Oinopides 51.
Olympiodoros 78.
Oreibasios 109, 116, 118.

Panaitios 63.
Pappos 10, 21, 23, 31, 32, 35, 36, 40, 42—43, 56, 59, 60, 68, 69, 81.
Papyri, medizinische 109; vgl. Menonpapyrus.
Paulos von Aigina 111, 118.
— von Alexandreia 65.
Pausanias 84.
Peithon 44.
Pelagonius 118.
Pelops 110, 111.
Pergamon 33, 90.
Perikles 51.
Perseus 35.
Persische Astronomie 61, 62.
— Medizin 117[5].
Petosiris 64.
Pheidias, Vater des Archimedes 24, 53.
Philinos 104.
Philippos von Opus 11.
Philistion aus Lokroi 102.
Philolaos 11, 50, 52.
Philon aus Byzanz 37, 69, 70, 72.
— aus Gadara 39.
— aus Tyana 36.
Philonides 34.
Philumenos 109.
Physiologus 91.
Pindaros 92—93.

Platon 4, 7—10, 11, 12, 51—52, 73, 81, 88, 94, 102, 113, 114.
Plinius 56, 62, 64, 70, 87, 90, 105, 106. Medicina Pliniana 117.
Pneumatische Schule 108.
Polemon 83, 84.
Polybios 82, 85.
Polybos 98.
Polykrates von Samos 92.
Pomponius Mela 87.
Porphyrios 44, 81.
Poseidonios 35, 38, 40, 57, 63, 64, 74, 85—86, 87.
Praxagoras von Kos 102, 103.
Priscianus 87.
Proklos 13, 15, 16, 17, 20, 21, 38, 44—45, 60, 79.
— Bischof? 45.
Protagoras 4.
Ptolemaios 17, 36, 43, 44, 46, 49, 55, 56, 57, 58—59, 60, 61, 62, 65, 69, 76, 78, 81, 86.
Pythagoreer 2—4, 5, 9, 18, 19, 39, 50, 80, 82, 92, 93.
Pytheas 84, 85.

Quintilianus 48.

Rhetorios 64.
Rhodos 57.
Rom 34, 47—49, 57, 62, 105, 117—118.
Rufos aus Ephesos 108.

Sallustius 82.
Scribonius Largus 108.
Seleukos 53, 85.
Seneca 62, 87.
Serapion, Arzt 104.
— Astronom 60.
Serenos 43.
Serenus Sammonicus 108.
Sextos, Pythagoreer 45^{7}.
Sextus Empiricus 79.
Simplikios 5, 6, 34, 45, 46, 58, 61, 76.
Solon 92.
Soranos 94, 101, 107.
Sosias-Vase 92.
Sosigenes 58, 62.
Soterichos 45^{5}.
Speusippos 11, 12, 88.
Sporos 39.
Stephanos aus Alexandreia 61.
— aus Athen 116.
— Byzantios 87^{1}.
Sternbilder 55.
Stoiker 34, 63.
Strabon 86, 87.
Straton aus Lampsakos 66, 73, 74.
Suidas 56, 93, 110.
Symeon Seth 117.
Syrianos 45.

Tacitus 82, 86.
Teukros 64.
Thales 1, 2.
Theaitetos 5, 8, 9, 11, 16, 19.
Themison 107.
Theodoros von Kyrene 4, 8, 19.
— Melitiniotes 62.
— Metochites 47^{2}, 61, 62.
Theodoros Prodromos (5.
Theodorus Priscianus 117.
Theodosios aus Tripolis 35, 43, 59, 61.
Theologumena arithmetices 40, 44.
Theon aus Alexandreia 15—16, 20, 44, 60, 61, 62, 75, 78.
— aus Smyrna 40, 45, 58.
Theophanes Nonnos 117.
Theophilos Protospatharios 116.
Theophrastos 51, 63, 66, 82, 83, 89—90.
Theudios 12.
Theudoricus 118.
Thrasybulos 112, 113.
Thymaridas 11.
Timocharis 54, 56.
Timotheos aus Gaza 91.

Uhr 57, 62.

Varro 48, 49, 62, 106.
Vegetius Renatus 118.
Vettius Valens 64—65.
Vitruvius 62, 69, 70, 73, 79, 80.

Wilhelm von Moerbecke 28, 29, 59, 78.

Xenokrates 12.

Zenodoros 34.
Zenon, Eleate 4.
— Epikureer 35.
Zeuxippos 26.
Zosimos 67.